



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Diseño de un sistema de aire acondicionado por absorción para optimizar el
confort - Caso edificio Próceres de Latina - Chiclayo”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero mecánico electricista

AUTOR:

Br. Roberto Irvin Farfán Cubas (ORCID: 0000-0002-4357-6291)

ASESOR:

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO - PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A mis hijos por ser mi fuente de superación. A mis compañeros de estudio, a mis profesores y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido realizar esta tesis. A todos aquellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todo ellos dedico esta dedicatoria.

El Autor

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y por sus bendiciones de todos los días, a la Universidad César Vallejo, principalmente a los docentes que gracias a ellos he aprendido a amar esta carrera y por sus enseñanzas en el ámbito académico, logrando con ello que mis metas y deseos de desarrollo personal y profesional se hagan realidad.

El Autor

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

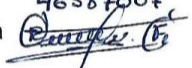
Yo, Roberto Irvin Farfán Cubas,
estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la
Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 46587007, con el trabajo
de investigación titulada, "Diseño de un sistema de aire
acondicionado por absorción para optimizar el confort - caso
edificio Proceres de Latina"

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 09 de Julio, 20...

Nombres y apellidos Roberto Irvin Farfán Cubas
DNI 46587007
Firma 

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tablas	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática	1
1.2 Trabajos Previos	9
1.3 Teorías Relacionadas al tema.	20
1.4 Formulación del Problema.....	27
1.5 Justificación del Estudio.	27
1.6 Hipótesis.	27
1.7 Objetivos.....	28
II. MÉTODO	29
2.1 Diseño de Investigación.....	29
2.2 Variables, Operacionalización.	29
2.3 Operacionalización de las Variables.....	30
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	31
2.5 Técnica de recolección de datos	31
2.6 Aspectos Éticos.....	33
III. RESULTADOS.....	34

3.1. Calcular la carga térmica del sistema de aire acondicionado del edificio de Chiclayo.	34
3.2. Analizar el potencial solar térmico en zonas aledañas a la ciudad de Chiclayo.	42
3.3. Diseñar los equipos eléctricos y mecánicos del sistema de aire acondicionado solar del edificio en Chiclayo.	45
3.4. Calcular la evaluación económica del sistema de aire acondicionado por absorción a través del TIR y VAN.	49
IV. DISCUSIÓN.....	52
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	56
Acta de aprobación de originalidad de tesis	60
Reporte de turnitin	61
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV	62
Autorización de versión final del trabajo de investigación.....	63

Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo de absorción.	3
Figura 2. Energía de refrigeración mensual.	5
Figura 3. Calor aportado y radiación solar.	6
Figura 4. Variación del COP de la máquina de absorción.	7
Figura 5. Control abierto en tiempo real.	11
Figura 6. Ciclo de absorción amoníaco-agua.	14
Figura 7. Esquema simplificado de sistema de refrigeración.	14
Figura 8. Ciclo de refrigeración por absorción.	19
Figura 9. Sistema de climatización por absorción simple.	21
Figura 10. Refrigeración solar por absorción	22
Figura 11. Ciclo de refrigeración por absorción.	25
Figura 12. Carga térmica.	34
Figura 13. Condiciones internas.	35
Figura 14. Índices de severidad.	35
Figura 15. Cargas térmicas.	37
Figura 16. Cargas por transferencia a través de paredes.	38
Figura 17. Cargas por renovación del aire.	39
Figura 18. Cargas por personas.	40
Figura 19. Carga por máquinas.	41
Figura 20. Cargas totales sobre el edificio.	41
Figura 21. Radiación solar en Lambayeque.	42
Figura 22. Radiación solar en Lambayeque.	43
Figura 23. Radiación solar mensual en caserío Chochor.	44
Figura 24. Radiación solar promedio diaria en Chiclayo.	44
Figura 25. Esquema de refrigeración por absorción.	45
Figura 26. Esquema de colector solar.	46
Figura 27. Eficiencia del colector.	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Magnitudes y características de los instrumentos.....	13
Tabla 2. Equivalentes de elementos de sistema refrigeración.	16
Tabla 3. Componentes de fluido de trabajo.	22
Tabla 4. Valores térmicos.	45
Tabla 5. Presupuesto de equipos de refrigeración por absorción.	50
Tabla 6. Ingresos y egresos.....	51
Tabla 7. El VAN y TIR.....	51

RESUMEN

En nuestro País (Perú) así con en nuestro planeta Tierra, el acondicionamiento del aire es una antigua necesidad del hombre, desde los enormes abanicos que atemperaban a los faraones, hasta la necesidad de abrigar los hogares en las regiones alto andinas del Perú en las temporadas de friaje, gastando altos ratios de energía eléctrica en las ciudad de las costa y sierra principalmente y en el zonas rurales la leña y bosta, produciendo en ambos casos enormes cantidades de gases de efecto invernadero no colaborando ni a la batalla contra el acabamiento de los hidrocarburos (Cenit del Petróleo) , ni a la batalla contra la aglomeración de gases efecto invernadero en la atmosfera de nuestro planeta.

Aprovechar directamente la energía solar térmica es una alternativa, para hacer funcionar máquinas de refrigeración que trabajen con el principio de absorción, así poder tener la oportunidad de aprovechar fuentes energéticas renovables no convencionales y no forzar a sobrecargar las redes de distribución eléctrica en baja tensión, (Dentro de los rangos de voltaje Permitidos, por la norma y la experiencia).

Corregir las malas costumbres de usar sistemas individuales aislados nos permite ver otras alternativas como el utilizar ahora sistemas centralizados, el utilizar sistemas individuales aislados es más costoso, es anti técnico, no contribuimos con el medio ambiente y es poco estético, es por eso que este trabajo de investigación nos servirá de mucho para combatir esa mala costumbre muy arraigada.

Finalmente se verificará la viabilidad económica – financiera de esta alternativa, al requerir un poco más de inversión inicial, pero tener un gasto de operación casi nulo.

Palabras Claves: Absorción, Energía Solar, Sistemas Centralizados.

ABSTRACT

The conditioning of the air, both in Peru and in the world, is an ancient need of humanity from the great fans that refreshed the pharaohs in ancient Egypt, to the need to heat homes in the high Andean areas, the Peru in the times of the FriaJe, consuming high ratios of electric energy in the coast and mountain range, the cities in particular and firewood and dung in the field, emitting in both cases huge amounts of greenhouse gases not contributing neither to the fight against the depletion of Petroleum and its derivatives (Cenit del Petroleum), or the fight against the accumulation of greenhouse gases in the Earth's atmosphere.

The option to directly use solar thermal energy, to operate cooling machines that work with the absorption principle, is a great opportunity to take advantage of non-conventional renewable energy sources and not to pressure to overload the low voltage electrical distribution networks. Of the voltage ranges allowed, by the norm and experience).

The use of centralized systems allows us to correct the custom of using isolated individual systems, which in massive applications - conditioning the air in numerous environments, is anti-technical, anti. Economic, anti-environmental, anti-aesthetic, this research work will serve as an example to combat this bad habit deeply rooted.

Finally, the economic and financial viability of this alternative will be verified, requiring a little more initial investment, but having an almost zero operating cost.

Keywords: Absorption, Solar Energy, Centralized Systems.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Realidad Problemática

1.1.1 A nivel internacional

“[...] Hubo una fecha significativa para citar el inicio del mecanismo de absorción, estamos hablando del año de 1774, este año el británico Joseph Priestly, fue el quien confino el amoníaco, oxígeno y el dióxido de carbono, entonces podemos deducir que a partir de este acontecimiento de desencadenó el principio del progreso científico en la rama de la refrigeración por absorción, luego de este acontecimiento Faraday aplicó el conducto con la apariencia de la letra U, en la cual en un extremo de dicho tubo se suministraba energía (calor), por consecuencia incrementaba la presión y posteriormente el otro extremo bajaba su temperatura, así se pudo evidenciar que se podía producir temperaturas bajas al vaporizar el amoníaco en un borde del tubo y aspirar en cloruro de plata en el otro borde”. (Herencia, 1980, pp.34).

Desde allí empezó todo sobre este tema, después con el pasar de los años se han venido realizando análisis, investigaciones, detalles, todo corresponde al principio de refrigeración por absorción, recién en el año de 1850 se inventó la primera máquina por absorción y esta invención le pertenece al inventor francés Edmond Carré, y como elementos usados se destaca en agua/ácido sulfúrico, este dúo se destaca por ser absorbente/refrigerante, y la máquina fue ya casi perfeccionada por Ferdinand Carré en el año 1859, y en el año 1860 ésta máquina fue patentada en los Estados Unidos y en el año de 1886 es cuando recién comienza su comercialización en el mercado. (Herencia, 1980, pp.34).

“[...] En 1926 se vendieron una suma importante de aparatos en los Estados Unidos, exactamente alrededor de los 4 millones de estas máquinas vendidas, pero a partir de 1950 disminuyó considerablemente la venta porque los habitantes dejaron de utilizarlo para reemplazarlo por los equipos de compresión mecánica. El apogeo de estas máquinas volvió a surgir en el siglo XX a términos de la década del 70, debido a que la población se empezó a dar cuenta de los beneficios que otorgaban estas máquinas, estos beneficios se debían a que se explotaba la energía solar y la energía calorífica residual, dichas energías se consideran energías alternativas, que por lo general se desechan y estas máquinas de

refrigeración lo pueden reutilizar para generar temperaturas bajas y climatizar”. (Herencia, 1980).

“[...] El objetivo de atemperar se logra por la ebullición de un fluido a reducida presión, se deduce que la máquina de absorción es una máquina de climatizar, la cual aplica como ciclo de tarea al ciclo de absorción, estas máquinas se consideran adentro de un significativo conjunto de máquinas que generan frío, ya que el resultado de climatización lo logran por ebullición de un fluido a reducida presión”. (Herencia, 1980, p.45).

Al trabajar con un compresor mecánico se va tener que gastar energía eléctrica, el gasto se va eliminar al utilizar compresión térmica que como elementos a utilizar son la solución líquida de refrigerante/absorbente y una fuente de calor. Normalmente las máquinas comunes usan para la compresión un compresor, este elemento nos permite elevar la presión, que permite que los vapores suban de nivel y recuperarlos, para así permitir la ebullición de dichos vapores. Por lo tanto, para aprovechar las características que tiene el compresor térmico se cuenta con dos elementos fundamentales y que actúan independientemente:

Enlazado al evaporador encontramos un envase denominado absolvedor, en este envase se encuentra acumulado una solución líquida en la cual tiene una gran afinidad con la absorción de vapores de refrigerante que desciende del elemento llamado evaporador, esta transformación posee una característica exotérmica necesaria para transferir calor a un elemento superficial. En la Bomba denominada bomba de trasiego, se almacena la mezcla líquida que resulta al subir la presión con la condensación de este proceso, bien se sabe que este proceso solo tiene lugar al comprimir un gas líquido, y para poner en marcha esta máquina el nivel de trabajo está muy por debajo del nivel de una máquina de compresión. (Herencia, 1980, p.45).

“[...] Las máquinas fabricadas en Japón y Estados Unidos, hace un promedio de veinte años atrás son las máquinas que se venden con una eficiencia mayor a cualesquiera otras máquinas de otros lugares, estas máquinas trabajan con el siguiente proceso: Amoniaco/agua también llamadas proceso de “efecto simple”, o las que trabajan con Agua/bromuro de litio, o denominadas de “doble efecto”,

esto nos da a entender que el proceso de refrigeración viene siendo estudiado desde tiempos remotos. (Arroyo. 2017, p.56).

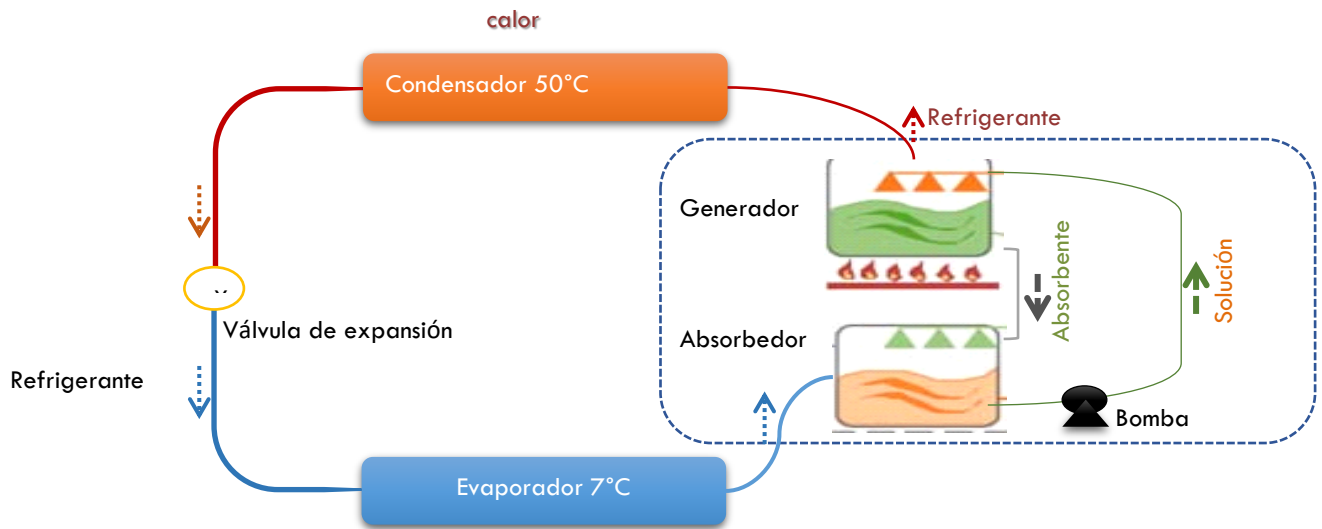


Figura 1. Ciclo de absorción.

“[...]La mezcla del alatrón con el propósito de refrigerar el agua de remonta al siglo XII ejecutado en ese entonces por los chinos, en los siglos XVI y XVII, Faraday, Boyle quienes son investigadores y autores (ellos estudiaron todo relacionado a la ebullición del amoniaco), siendo los primeros en hacer prácticas de producir frio.

“[...] En los años de 1834 y 1835 Perkins y Thyloirer crean máquinas para generar frio, el primero utilizando como elemento principal el éter y el segundo nieve carbónica por expansión. Apareció después otro creador que, con fines de negocio, creo una máquina de compresión que vendría a ser la primera con estas características. Luego aparecería Pictet quien crea una máquina como principal elemento utilizo el anhídrido sulfuroso”. (Perkins y Thyloirer, 1835, p.78).

“[...] El primero refrigerante utilizado fue el amoniaco y esta sustancia se utilizó en las Industrias de climatización usando compresión mecánica en el año de 1876 por Carl von Linde. En las grandes plantas de refrigeración como las cerveceras, las lecheras, etc. Se viene utilizando este sistema por la gran demanda que necesitan den enfriamiento de sus sistemas”.

Es desde allí hasta la actualidad que en las plantas en su mayoría plantas de alimentos y bebidas vienes utilizando el amoniaco como su principal refrigerante

para así procesar y conservar sus productos de acuerdo a sus estándares establecidos. (Perkins y Thyloirer, 1835, pag.98).

“[...] Podemos deducir que el líder en el progreso la tecnología en sistemas de refrigeración y climatización es el Amoniac, formando parte fundamental del almacenamiento, procesamiento y organización de los insumos alimenticios.

El amoniac se encuentra dentro del conjunto de refrigerantes naturales catalogado por ASHRAE con R-717, esta sustancia contribuye con el cuidado del planeta, la estratosfera terrestre, y evita el efecto invernadero generado por el calentamiento universal”.

En la naturaleza es fácil de encontrar el amoniac.

El amoniac es fundamental en la etapa del nitrógeno del planeta y es rápida para adherirse a la atmosfera.

Entonces cumple con los requisitos internacionales para la protección del planeta y no contribuye con el maltrato de la capa de ozono.

Se tiene que hacer una apropiada evaluación del impacto ambiental que pueden causar los refrigerantes y de los sistemas de refrigeración, se debe analizar a fondo las consecuencias que tendrían directa o indirectamente con el calentamiento universal.

A causa de las fugas de los gases que emiten los refrigerantes se puede deducir que rectamente los sistemas de refrigeración cooperan al calentamiento global.

La secuela que causa la transformación de combustibles fósiles en la energía requerida para hacer funcionar los sistemas de climatización se puede decir que ocasionan indirectamente el calentamiento global producto de las emisiones de dióxido de carbón.

El TEWI (IMPACTO TOTAL EQUIVALENTE DE CALENTAMIENTO), descrito como el resultante de la adición de la aportación tanto directa como indirectamente.

Una gran ventaja de usar el amoniac es la menor cantidad de energía que consume a comparación de los demás refrigerantes hallados comúnmente, esto se debe a las propiedades termodinámicas que posee. Entonces se deduce que del

amoniaco el TEWI está por debajo de los demás refrigerantes, entonces no afecta de ninguna forma al planeta.

Entonces el beneficio es grande y no aporta con el calentamiento global porque la emanación de CO₂ es casi nula generadas en las plantas de generación.

1.1.2 A nivel nacional.

“[...] Se tuvo que analizar las condiciones que se requieren para climatizar el edificio, entonces para ello se reprodujeron desde el mes de febrero hasta septiembre un sistema de enfriamiento el cual como resultado fue muy satisfactorio para lo que se pedía, llenando así todas las perspectivas la cual se puede evaluar en la figura 2. Luego se presentó un inconveniente en prácticas que se realizaron del mes de octubre hasta enero donde se concluyó que se requiere un sistema de soporte para calentar pues los recolectores que se poseen no entregan la fuerza necesaria a la máquina de producir frío, se concluye que es lo más lógico ya que en estos meses de ese inconveniente ya que en este lapso de tiempo la radiación solar es baja y no va calentar lo suficiente para el óptimo trabajo del generador”. (Romero José 2016, pp34.)

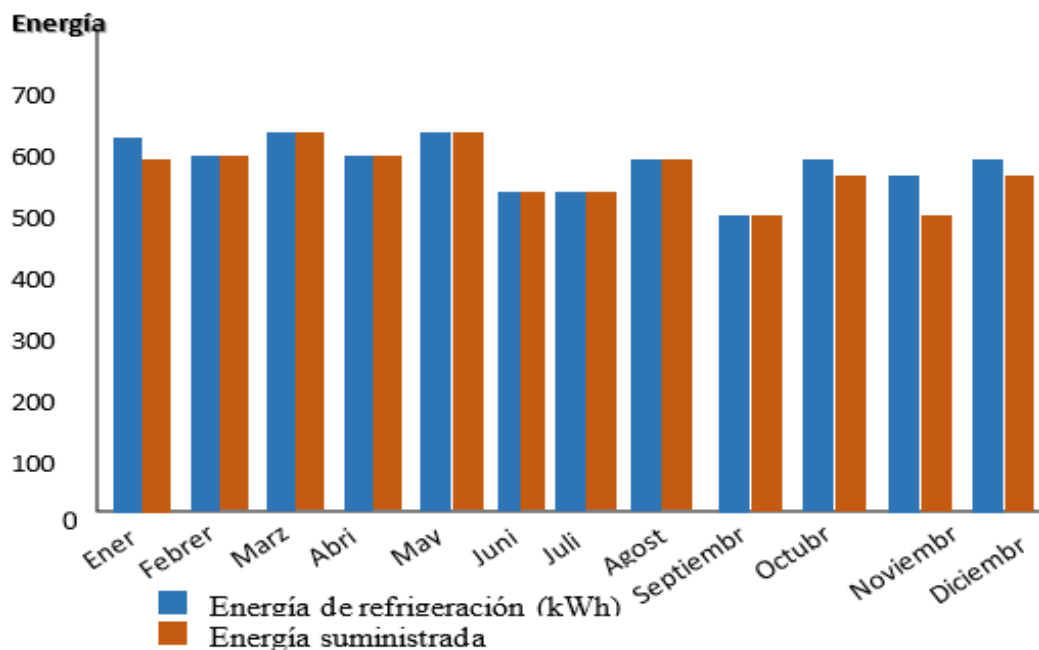


Figura 2. Energía de refrigeración mensual.

En la Figura 3.

Allí nos detalla la radiación de acuerdo a los meses, en donde nos podemos dar cuenta que todos los meses no tienen el mismo índice de radiación, entonces en los meses requeridos es donde se ve el aporte importante del sistema auxiliar, cuya única función es maximizar la radiación en horas de baja radiación solar.

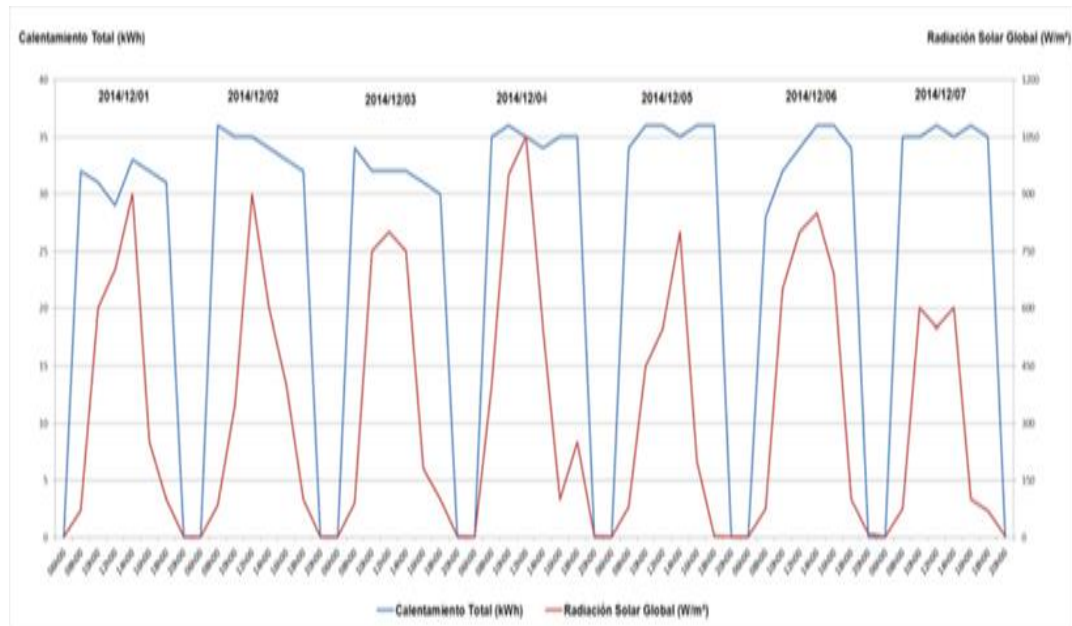


Figura 3. Calor aportado y radiación solar.

La figura 4, nos detalla el COP del mecanismo de absorción., donde se puede evidenciar el promedio mensual. Cuando se hizo pruebas con el sistema de absorción nos arrojó datos importantes como el funcionamiento de esta con un COP general de 0,67 el cual no es muy indiferente al COP nominal el cual es de 0,70.

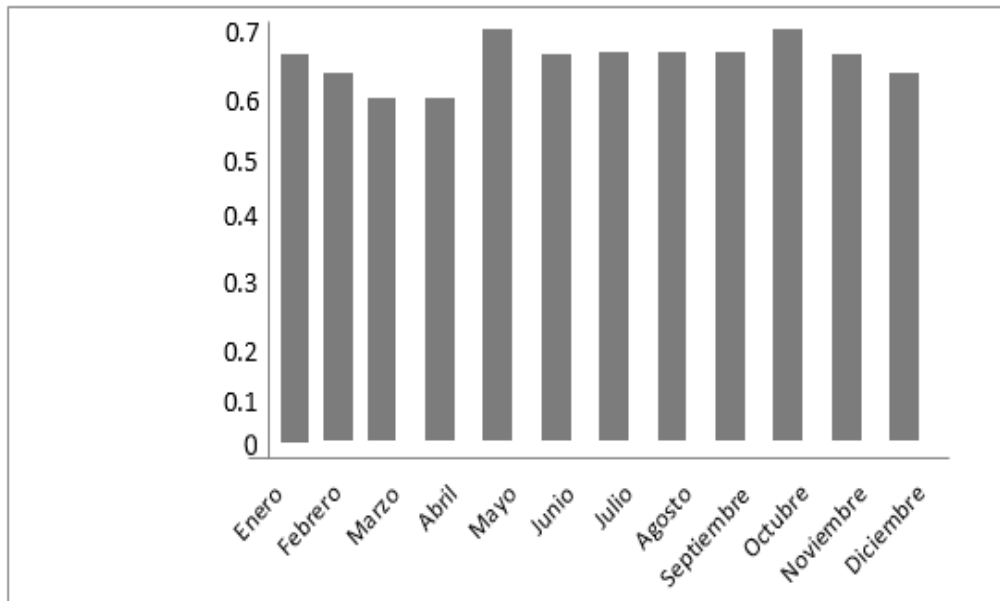


Figura 4. Variación del COP de la máquina de absorción.

1.1.3 A nivel local

“[...] Otra función que se encontró en las máquinas de absorción es la de generar calor, no solo servían para generar frío, entonces se podían utilizar como bombas de generar calor”.

En el continente europeo particularmente en países escandinavos como Suecia o Dinamarca, bombas de frío y calor se utilizan bastantes con propósitos de climatizar, tanto el generar frío como calor. Para atender las necesidades de refrigeración y calefacción a través de bombas de calor, enfriadoras de absorción o refrigeradoras de amoníaco, en las construcciones se benefician las distintas energías, como la energía residual, los gases que son bajo en calor. (Zavala L, 2014, pp34).

Para disipar la temperatura alta que se produce en las máquinas de absorción es muy utilizada el agua de mar. Las máquinas de absorción poseen una fuente de calor, esta fuente de calor puede ser de distinto origen y distintos rangos de temperatura, se puede obtener de calderos con biomasa, H₂O caldeado originaria del trabajo de plantas industriales que poseen fuertes cantidades de H₂O caliente y en también se allí motores los cuales emiten gases denominados gases de escape. Si en caso se posee un cambiador de combustión situado en medio del generador y

la fuente, denominaremos que la provisión de energía es directa o indirecta. (Zavala L, 2014, pp34).

“[...] Hay rangos con la cual se califican a las maquinas según su potencia, de 30 kW a menos, se denominan pequeñas, de 30kW- 100kW, denominadas máquinas de potencia media y las que están por arriba de los 100 kW son denominadas máquinas de elevada potencia”.

El NH₃ – H₂O y H₂O-Br Li; son los dúos de refrigerante-absorbente que más se utilizan en los sistemas de refrigeración, el NH₃-H₂O en el servicio de refrigeración y el H₂O-BrLi en servicio de climatización primordialmente.

Se puede pensar que la eficiencia de estas máquinas está relacionada a las temperaturas únicas que se podrían encontrar en las fuentes térmicas, sin tener en cuenta las características esenciales que poseen en elemento absorbente y el elemento refrigerante, que se trasladan dentro de los órganos de la industria. En la realidad todo es diferente ya que se depende mucho de las prestaciones alcanzadas y de la combinación frigorífica seleccionada. (Zavala L, 2014, pp34).

El refrigerante:

Características que se necesitan en el refrigerante:

“[...] Para evitar un grosor en los instrumentos de trabajo en este sector, la coacción de gas tendría que ser lo más baja posible cuando en calor sea alto, y cuando el calor sea bajo debería ocurrir todo lo opuesto, alcanzando una presión relativamente alto para así beneficiarse al poder detectar posibles fugas, y según el escrito de Trouton el punto medio de cocción esta respectivamente afiliado con pesos moleculares pequeños”.

Entonces la temperatura estará por encima de la temperatura real de congelación, entonces para beneficiar el trabajo de transferencia, el calor debe estar estable.

El absorbente:

Características que se necesitan en el absorbente:

La temperatura ubicada en el generador debe estar por debajo de la presión del vapor con el propósito de eludir la rectificación, lo que se va a percibir en estos elementos un elevado punto medio de coacción.

Constantes químicamente y que no se corroan:

En actividad constante, tiene que estar en aspecto de fluido para lo que se requiere en su operación, mínima viscosidad para un bajo punto de ebullición.

Para el Refrigerante-Absorbente:

Según la ley de Raoult esta solución debe encontrarse en alta desviación negativa, el caudal en el esquema de la solución cuanto más alto sea, el caudal del refrigerante será menor. (Zavala L, 2014, pp34).

El generador se encargará de acondicionar las soluciones tanto la solución de trabajo, como la solución del refrigerante.

Procedimiento dinámico de inhalación de vapores y de proximidad de la mezcla en forma de fluido, no corrosiva, tampoco inflamable y tampoco tóxica.

De todos los requerimientos mencionados, ninguna de las mezclas cumple, de acuerdo a estas condiciones, contando con las innumerables veces que se han hecho pruebas con diferentes elementos. Encontramos hoy dos tecnologías de absorción:

La combinación El $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ y $\text{H}_2\text{O}-\text{Br Li}$, Refrigerante y absorbente respectivamente.

1.2 Trabajos Previos

TRAC, Equipo de Refrigeración por Absorción comandado del ordenador (PC), con SCADA, Edibon P.

Una forma de generar frío en un sistema de refrigeración por absorción es aprovechando que los elementos aspiran calor al modificarse de estado líquido a gaseoso.

Existen varias sustancias nombradas absorbentes que poseen gran avidez por absorber vapores de otras sustancias, conocidas como refrigerantes y estos sistemas de refrigeración por absorción se basan en eso, originando la disminución de presión adecuada para la evaporización del refrigerante y por consiguiente en enfriamiento.

El Equipo de Refrigeración por Absorción, comandado del ordenador (PC), “TRAC”, desarrollado por EDIBON, es un equipo que hace posible a los alumnos el conocimiento sobre equipos que utilizan ciclos de absorción para refrigerar.

En considerables instalaciones estos equipos cada vez son más valiosos, ya que generan frío a partir del calor residual de algún proceso de fabricación. En el presente cada día más plantas térmicas de cogeneración (energía eléctrica + calor) usan su calor residual como fuente térmica para arrancar máquinas de absorción,

introduciendo el concepto de trigeneración (calor, frío y producción de electricidad).

Los estudiantes podrán reforzar sus conocimientos familiarizándose con cada uno de los componentes individuales de los equipos por absorción (congelación y refrigeración) gracias al uso del equipo “TRAC” y así podrán tener la opción de saber escoger la fuente de calor entre una resistencia eléctrica o GLP.

El Equipo de Refrigeración por Absorción, Comandado desde un ordenador (PC), “TRAC”, desarrollado por EDIBON, es un equipo completo de laboratorio para la demostración de la refrigeración por absorción.

Esta máquina se abastece con un principio de fuerza mixta (fuente de calor) de electricidad y GLP. Cuando se requiere trabajar con GLP se tiene que adecuar un regulador de presión para ajustar el gas a la presión de entrada conveniente (30-50 mbar).

La sustancia usada en el ciclo de refrigeración (Fluido) utilizado por la herramienta “TRAC”, es una mezcla de amoníaco (NH_3) con agua, el agua es el absorbente y el amoníaco el refrigerante. Una considerable virtud es que estos elementos usados son netamente inofensivos para planeta. Esta etapa se beneficia de la gran similitud del agua con el amoníaco, siendo usado el amoníaco como sustancia frigorífica dado que es sencillamente aspirado por esta.

En el calentador también denominado generador, es donde la solución amoníaco y agua se entibio adentro a una presión alta. Al llegar al punto de ebullición estas sustancias se separan, por un parte la mezcla líquida con pequeña densidad de amoníaco, nombrada mezcla baja o pobre y por otra parte vapor con una alta densidad de amoníaco, llamada mezcla condensada.

Para reducir la temperatura del vapor, este pasa por un por un condensador que posee aletas, como resultado obtenemos la reducción de temperatura del vapor hasta que alcance la condensación y lo lleva a transformarse en un fluido, este fluido de amoníaco ingresa a un transformador de calor, el cual enfría aún más y minimiza la presión, para así poder ingresar al evaporador, entonces por esta desigualdad presión se llega a evaporar con poca temperatura.

El amoníaco en líquido y el vapor que resulto del evaporador, todos estos elementos se concentran en un recipiente y forman una mezcla rica en amoníaco que después de este proceso nos entrega la máquina.

Una forma práctica para lograr que el amoníaco evapore con una baja temperatura usando baja presión es gracias a la labor que desempeña el absolvedor, quien toma el calor requerido de agua, disminuyendo su temperatura.

Se tiene que independizar los fluidos del amoníaco, entonces se procede a calentar la mezcla rica en amoníaco que se encuentra situado en el generador el cual ya tuvo su paso por el absolvedor.

Luego esta mezcla se destina hacia el condensador y en el restante al cual llamaremos mezcla pobre esta pasa al absolvedor, donde se reinicia el ciclo del sistema.

El SCADA de Edibon nos permite enlazarse con el sistema que se maneja desde un ordenador y este sistema Scada comprende los siguientes elementos:

- El Scada
- La interface de control
- La tarjeta de obtención de datos
- El paquete de software de control y manejo de datos (nos permite visualizar los parámetros que se manejan en el sistema).

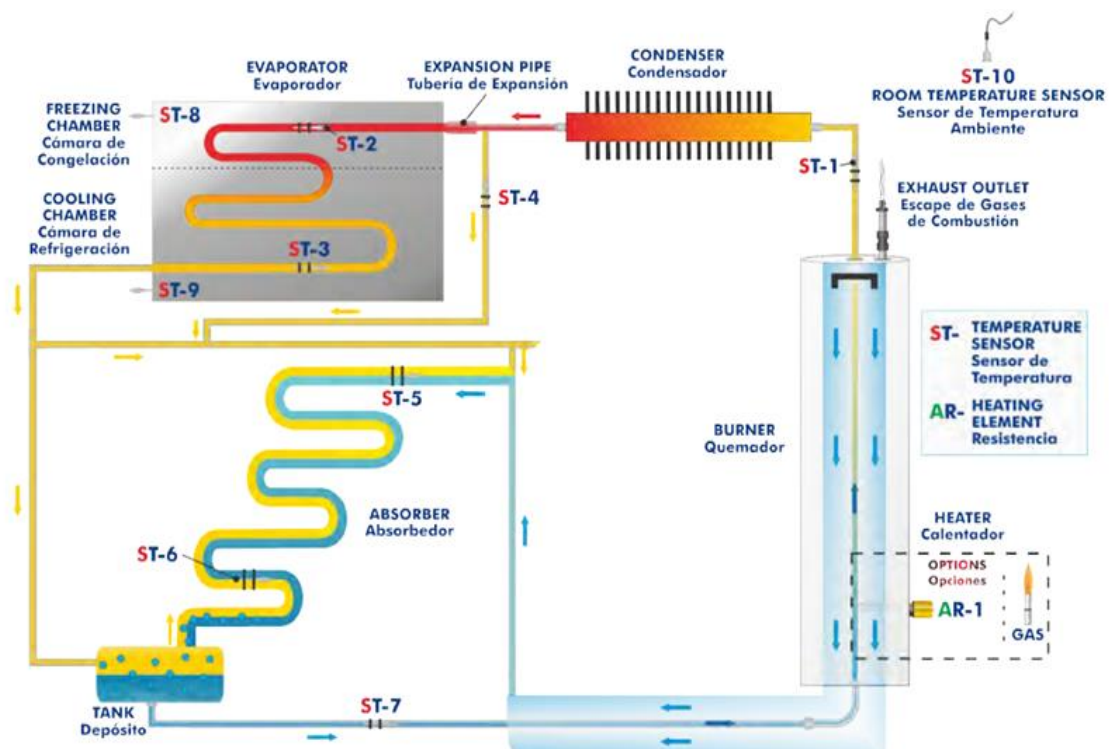


Figura 5. Control abierto en tiempo real.

Se hace proposición para climatizar una edificación administrativa de la planta termoeléctrica FELTON – Gonzales C.

Máquinas de absorción con par amoniaco–agua:

Ahora en el mercado se encuentran máquinas que utilizan como fuentes principales el amoniaco – agua, estos equipos poseen una potencia en torno a 1 MW y equipos de absorción para aire acondicionado de menos potencia con llama directa que funcionan con combustibles como el gas natural, propano o butano. Por ejemplo, para poder conservar los alimentos o la producción de hielo, las industrias alimenticias necesitan contar con refrigeración a temperaturas muy bajas (entre 0 – 10 °C). Las Industrias Alimenticias poseen calor residual, porque mediante el proceso que estos realizan para producir sus alimentos generan su propio calor, y las necesidades que tengan de refrigerar sus equipos o ambientes pueden ser cubiertas por las máquinas de refrigeración por absorción que tengan instalados en sus plantas con residuos térmicos. Para cubrir parte de la demanda que requieren sectores como la residencial, comercial y transporte estos sistemas tienen una gran potencial para ser utilizados dentro de los sectores mencionados, donde es factible el accionamiento mediante calor residual, a partir de la aplicación de la energía solar térmica o de la micro cogeneración. (Gonzales C. 2014, pag.57).

Selección de la máquina de refrigeración por absorción:

Después de un análisis extendido se tomó la decisión de utilizar el amoniaco como refrigerante aprovechando sus propiedades y disponibilidad en nuestro territorio, gracias a sus propiedades físicas posee una transmisión de incandescencia mayor a la de los refrigerantes fluorados que son más utilizados actualmente. Al ser insoluble en el aceite de los compresores su capacidad de refrigeración se puede cuadruplicar o quintuplicar con relación al R12 y el R22 y su disposición de transmisión de incandescencia es afectada en el trabajo al mezclarse con el aceite. (Gonzales C. 2014, pag.57)

Espesor de la pared de tuberías:

La viscosidad del refrigerante amoniaco es muy menor a la del R12 y R22, lo que implica un menor flujo másico, a partir de estas características las tuberías para amoniaco son de menor costo, y deben ser de aluminio o acero, estos elementos son más baratos que el cobre y este es importante para los sistemas refrigerantes fluorados.

Precio:

El precio del Amoniaco es inferior a los refrigerantes fluorados y se puede obtener los mismos resultados utilizando cantidades inferiores a la de otras sustancias que sirven como refrigerantes y se pueden utilizar en varios campos. (Gonzales C. 2014, pag.57).

En el cumplimiento de la investigación fue imprescindible el aseguramiento del equipamiento necesario para efectuar las mediciones de magnitudes físicas para la evaluación de los parámetros de selección de una máquina de climatización por absorción. Las magnitudes analizadas, los instrumentos de medición empleados y sus características técnicas se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Magnitudes y características de los instrumentos.

Magnitudes	Instrumentos	Rango de medición
Temperatura (°C)	Termopar tipo J RQ 21 T201	0 a 2 000
Temperatura (°C)	Termo resistencia PT-100RQ 01 T 201	0 a 1 000
Presión (Mpa)	Rosemunt RQ 01 P 202	0 a 20
Caudal (t/h)	Flujómetro RQ 01 F 202	0 a 5
Temperatura (°C)	Termómetro	40 a 60

Fuente: Elaboración propia.

La propuesta de una metodología de cálculo que relacione los parámetros principales que identifican una instalación de climatización, con los que caracterizan el ciclo de refrigeración por absorción, permitirá determinar los parámetros de selección de los equipos que componen estos sistemas; con tal objetivo se parte del análisis teórico de la instalación. (Gonzales C. 2014, pag.57).

El estudio surge de la fuerza de frío que se necesita generar, los valores de funcionamiento y la energía de accionamiento del generador. Para ello se toman referencias del comienzo y valores de la temperatura del proceso del líquido que otorgará calor al generador, la temperatura del líquido que absorberá calor del condensador, del líquido a enfriar y la capacidad requerida.

Los cálculos de los instrumentos de frío por absorción se fundamentan en el análisis de los diferentes trabajos que realizan con el pasar del tiempo (flujos energéticos), el

tratado de las condiciones de los instrumentos (Gaseoso, líquido y solido), en cómo se componen las combinaciones y en el impacto de la presión y las energías caloríficas.

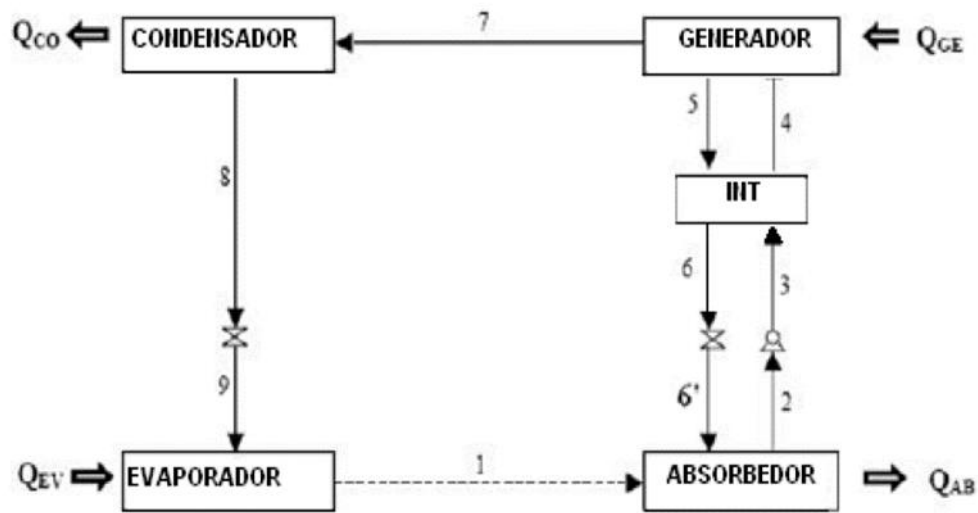


Figura 6. Ciclo de absorción amoníaco-agua.

Representación y tratado de un diseño de refrigeración de absorción

Solar esporádico, Ramírez D.

La Figura 7. Nos da a visualizar una imagen resumida de un diagrama de refrigeración que labora con la captación del calor solar esporádicamente, y está diseñada para el trabajo con una mezcla integrada de amoníaco que funciona como absolvedor y el H2O es el absorbente.

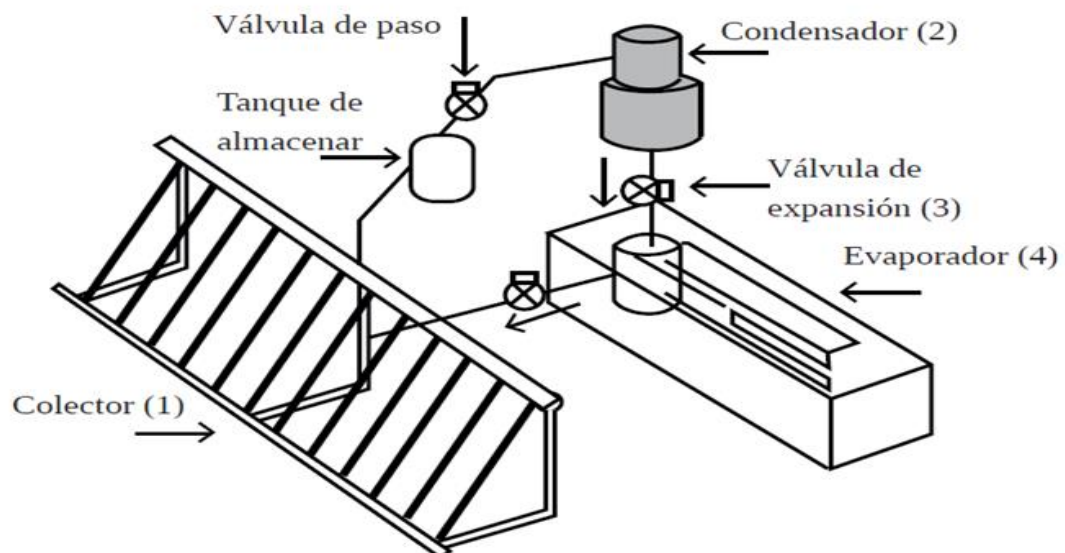


Figura 7. Esquema simplificado de sistema de refrigeración.

Para hacer pruebas y ver su funcionamiento utilizaremos este diseño.

Este diseño de un sistema trabaja únicamente con radiación del sol y fundamentalmente se constituye de:

- Colector (1)
- Condensador (2)
- Válvula de expansión (3)
- Evaporador (4).

Detallamos los pasos de este proceso a continuación:

Etapas I.

Se tiene una mezcla fuerte de Amoniaco – Agua, esta mezcla percibe la emergía del sol durante el día, originando un crecimiento en el calor y fuerza de la mezcla y como consecuencia la fuerza en su interior de incrementa, entonces relativamente el amoniaco es separado de la mezcla, todo esto proceso empieza en el colector. En un recipiente se acopia gran parte del amoniaco con toda la fuerza que llevo alcanzar.

El colector, la otra parte sobrante del amoniaco a la que se denomina mezcla pobre se mantiene en el colector. Es allí donde los gases de amoniaco que permanecen en el recipiente y trabajan como enfriador. El calor y la fuerza que le logra en el colector mediante el proceso, es llamado temperatura de concepción y fuerza de concepción. (Ramírez D, 2013. Pag.49).

Etapas II:

En el trabajo por las noches, se apertura la llave de marcha, situada posteriormente del recipiente de acopio, posibilitando así el ingreso del flujo al destilador (2), a la llave de dispersión (3) y al evaporador (4). El procedimiento ejecutado en los siguientes elementos nombrados se le llama línea de frio. El calor y la fuerza obtenida en el recogedor durante la operación nocturna se le llaman calor de absorción y fuerza de absorción. (Ramírez D, 2013. Pag.49)

Etapas III:

En el colector se produce una repulsión exotérmica luego que el material refrigerante pasa del evaporador donde la mezcla pobre es digerida. Luego el proceso pasa de nuevo a la Etapa I. Existe en la actualidad el software Aspen versión 7.2 el cual nos permite hace comparaciones de simultaneidad entre los sistemas de climatización, es así que es sistema de Robinson que se trata de un sistema de enfriamiento esporádico es casi igual en parámetros y funciones y características que el simulado por el software. Entonces es

así que estos procedimientos han sido usados como objetos de análisis y estudios comparativas con los métodos de climatización esporádicas. En la práctica y pruebas se tuvieron presente los elementos de este procedimiento, el desarrollo termodinámico tenidos en cuenta en el proceso y sus respectivas variables. (Ramírez D, 2013. Pag.49).

Pero se presenta un inconveniente mayor, porque es software analizado no determinados elementos del proceso esporádico en su biblioteca, esto nos lleva a realizar cambios y estos cambios tratan de desmontar en sistema en subsistemas y hacer creer que estos subsistemas están impregnados dentro de la biblioteca del software, por lo cual los subsistemas simulan todas las propiedades del proceso de climatización esporádico. La figura 7 nos permite ver los elementos necesarios que se van usar en la recreación, y podemos distinguir el proceso de enfriamiento por absorción esporádico que simula en software Aspen Hysys y cuenta con:

Un acondicionador de aire (c) – Una llave (d) y un calentador (e).

Tabla 2. Equivalentes de elementos de sistema refrigeración.

Etapas	Componentes de refrigerador intermitente	Componentes de Hysys
I	Colector (generador)	• Bomba
		• Separador de fases
II	Condensador	• Enfriador por aire
	Válvula de expansión	• Válvula
	Evaporador	• Calentador
III	Colector (tanque)	• Enfriador por aire
		• Válvula
	Colector (absorbedor)	• Mezclador
		• Enfriador por aire

Fuente: Elaboración propia.

Etapas IV:

La recreación se realizó usando enfriadores de aire (f) y una llave (g), entonces así se pudo visualizar la presión y el calor de absorción que por consiguiente esta tendría que disminuir. Si hicieron 6 pruebas con la única finalidad de dar con el mejor proceso de trabajo que requiere el sistema, todo este desenlace tuvo lugar en un mezclador (h) y el enfriador (i). La prueba uno, se hizo usando las condiciones visualizadas en la tabla, y de acuerdo a los parámetros que fueron seleccionadas minuciosamente en la biblioteca de los procesos de climatización esporádica. En dicha prueba se logró obtener un COP de alusión, demostrando con los mismos procedentitos ya estudiados por profesionales de este campo.

Croquis y valorización de una construcción de frío solar en un

Grupo de edificaciones – Castro Sergio

Procedimientos de absorción – adsorción hermética.

En la ciencia actual se encuentra dos tipos para realizar estos sistemas: Refrigeración por adsorción y refrigeración por absorción.

Refrigeración por adsorción

“[...] Este procedimiento comprende específicamente a la transformación de un componente que es absorbida por otra en un análisis aparente en cual hace cambiar su composición de la sustancia de gaseoso a líquido. Por este análisis aparente en desarrollo se tiene que realizar en un objeto con área porosa. En este proceso se produce un impacto entre la partícula que está en estado gaseoso cuya presión es mayor a la presión del gas del refrigerante, producto de este impacto hace que el gas se transforme a líquido, uniéndose entre sí”. (Castro Sergio, 2014, pag.78).

El par de elementos escogidos poseen bastante peso en la eficiencia al término del periodo, por eso debemos escoger un par lo más similar posible. En la actualidad simplificando contamos con tres dúos: Gel- agua, Carbón activo – metanol y Carbón activo – amoníaco, la más utilizada actualmente es la primera pareja (sílice gel/agua), por su bajo precio y su incapacidad para afectar al medio ambiente.

El periodo de adsorción se conforma por dos compartimientos de adsorción, hablamos de un condensador y elevador. El líquido (H₂O), cambia a vapor con poca presión y calor, así logra ingresar a los compartimientos de adsorción, allí será consumido por el gel de sílice. En el siguiente compartimiento el desecante es restablecido por medio de calor, un enfrentamiento térmico originado por el líquido procedente del colector solar

expulsa el gas del gel originando el ingreso al condensador, estando dentro el gas cambia a estado líquido descendiendo por gravedad otra vez al evaporador. (Castro Sergio, 2014, pag.78).

“[...] El inconveniente primordial de este periodo es su intermitencia a causa del requerimiento de paso de un compartimiento a otro, pero una solución sería el acoplamiento de llaves mariposa así podremos re direccionar el fluido del líquido e modificar la utilización de compartimientos de adsorción, lo que le permitirá un circuito continuo”. (Castro Sergio, 2014, pag.78).

Al utilizar estos ciclos nos encontramos con otro problema es la baja conductividad térmica del gel de sílice lo que origina un bajo COP alcanzando a estar en un máximo de 0.2-0.3 utilizando como colectores tubos de vacío.

Refrigeración por absorción.

A diferencia del proceso de adsorción que se describe como un proceso superficial, el proceso de adsorción se habla de un desarrollo volumétrico. Al hablar de un desarrollo volumétrico, hablamos del desarrollo que utiliza un deshumecedor líquido.

Se percibió que al evaporar líquido exactamente hablando del agua, adentro de un recipiente se llegaba a producir hielo al mezclarse con ácido sulfúrico (H_2SO_4), este descubrimiento se hizo en el siglo XVIII. Luego en 1859, Ferdinand Carré perfecciono la única máquina de adsorción con el propósito de ser utilizado como dúo de líquidos como el amoníaco (NH_3) y agua. Y por último en 1950 se ingresó el dúo más usada en la actualidad aprovechando su cooperación con el cuidado del medio ambiente, bromuro de litio y agua ($LiBr/H_2O$). (Castro Sergio, 2014, pag.78).

El trabajo de estos tipos de ciclo es homogéneo a la presión mecánica reemplazando el comprimido mecánico por un térmico. Este se constituye de un absolvedor, una bomba y un generador, al ser evaporado en mínima presión (alrededor de 1 Kpa), el elemento en estado gaseoso ingresa al absolvedor en el cual los elementos son diseminados y al juntarse con los gases del refrigerante se logra obtener una solución rica a aportar mucho como fuente de calor. Con la bomba se empuja la mezcla y se aloja en el generador, en donde se aplica calor, los gases del refrigerante son separados del fluido con el propósito de ingresar al condensador para luego transformarse en agua a 10 KPa. El fluido aportante de calor regresa por gravedad al absolvedor para reiniciar de nuevo con el proceso. (Castro Sergio, 2014, pag.78).

El propósito es mejorar la eficacia del proceso, se puede explorar la temperatura residual del líquido, para el regreso al absorbedor para pre caldear la mezcla rica que se traslada al generador.

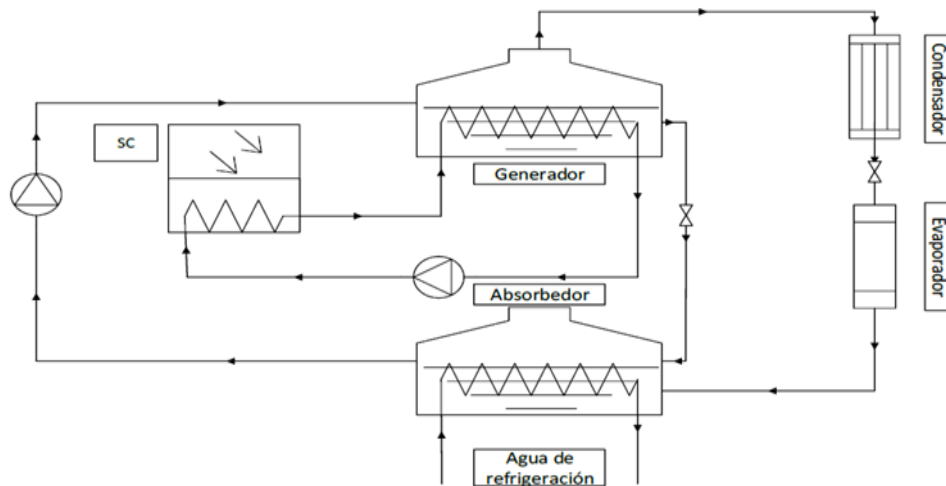


Figura 8. Ciclo de refrigeración por absorción.

El COP común en este modelo de ciclos ronda el 0.7-0.8, en cambio, si se usa un periodo con finalidad doble, se incrementa a 1.2-1.3 o inclusive si se proyecta un periodo de finalidad triple, este podría incrementar hasta 1.8, sin embargo, para la inyección residencial se necesita calor de más de 200oC, que nos conlleva a utilizar concentradores solares lo que el valor de las instalaciones subiría mucho.

Sistemas de absorción/adsorción abiertos.

Nos da a entender estos sistemas que aparte de acomodar los grados del ambiente, humedecen o deshumedecen, según nuestras necesidades o exigencias. Se aplican comúnmente dos métodos. (Castro Sergio, 2014, pag.78).

- 1.- Proceso de absorción: el desecante se infiltra del humedecimiento del ambiente debido a la desigualdad en la presión de vapor del agua retenida en el ambiente.
- 2.- Proceso de Adsorción: proceso por el cual el desecante se entibia y así se logra traspasar el aire por la mezcla desecante – agua quedando sin nada de humedad para reiniciar el proceso. El análisis efectivo de estos procesos, que son despejados, se logra trabajar a una presión del ambiente, como resultado mejora el modelo y funcionamiento de la planta.

Se puede localizar sistemas de absorción con desecante sólido o líquido.

1.3 Teorías Relacionadas al tema.

1.3.1 Análisis comparativo: sistemas de refrigeración solar por absorción.

Hacemos un análisis para comparar los siguientes sistemas:

Método de climatización solar con un resultado sencillo por absorción y un método de climatización con aro desecante como fuente el calor solar.

La investigación se desarrolla por medio de la representación metódica del proceso en un centro de entrenamiento, teniendo en cuenta que el tiempo (clima) sea el adecuado (clima templado y húmedo) y utilizando el TRNSYS. Representamos el proceder de esas dos ciencias utilizando acumuladores solares llanos y conductos huecos. Estos dos métodos nos aseguran índices de temperatura e higrometría necesarios en el centro de estudio analizado. Si utilizamos colectores de tubos al vacío, los sistemas por absorción obtendrán rendimientos óptimos. Y para el otro sistema con disco se necesita 5m² para entibiar el aire acondicionado a 60°C. No obstante, el proceso de entubamiento secundario tendrá que producir todo el año en los dos casos, la utilización del calor solar nos lleva a ahorros importantes de electricidad. (Castro Sergio, 2014, pp. 58).

El captador térmico es uno de los componentes primordiales Su trabajo es modificar la energía solar en energía térmica útil, se analizará la conducta de este sistema utilizando dos tipos de colectores solares: captador solar plano y el de tubos en vacío Para su análisis lo fraccionaremos en dos sistemas: sistema solar de calentamiento de agua y el sistema de refrigeración por absorción. La energía adquirida de la irradiación solar caldea el agua en un área de captadores solares, esta agua caldeada fluye hacia un recipiente de acopio, y luego es trasladado hasta el equipo de absorción a través de un calentador auxiliar que se acciona si el agua caldeada no llega a la temperatura de 90°C. El agua caldeada que se utiliza en la máquina de absorción regresa a la parte inferior del recipiente de acopio. El agua que se utiliza en el condensador de la máquina de absorción proviene de una torre eléctrica, esta denominada como el desplazamiento de electrones que se movilizan por un cable por un tiempo “X”. La potencia física que incita este desplazamiento se le llama voltaje (V), por lo tanto, la tasa a la que llegan los electrones se le denomina Corriente (A). (Castro Sergio, 2014, pp. 58).

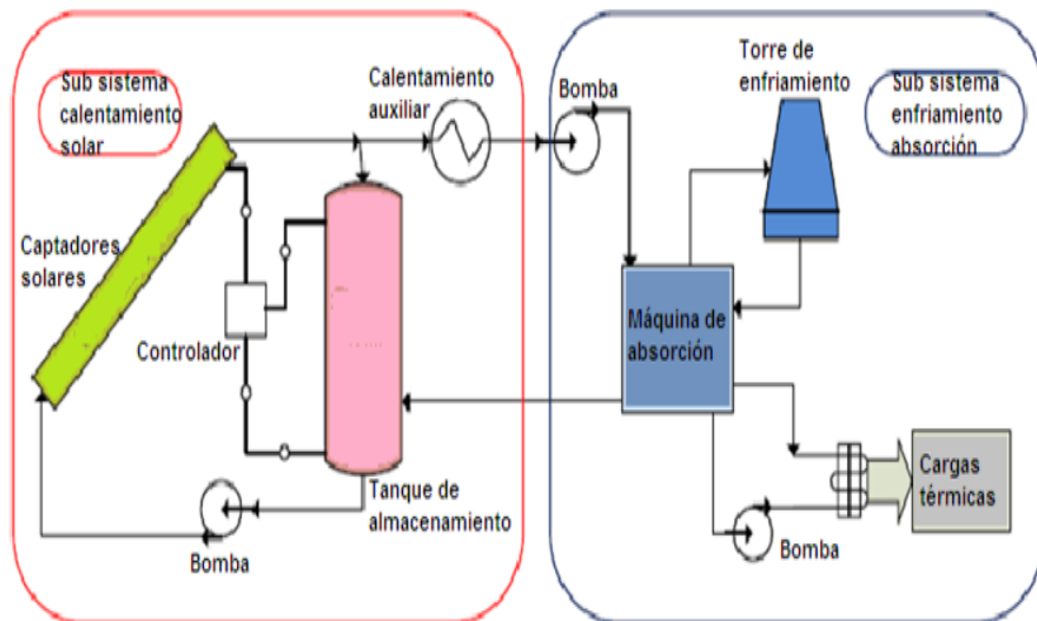


Figura 9. Sistema de climatización por absorción simple.

1.3.2 Refrigeración por absorción

“La Figura 9 detalla un gráfico sintetizado del sistema de refrigeración solar por absorción usando como mezcla el $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ”. Acá, la energía solar alcanzada mediante el colector y se apila en el recipiente de acopio. El líquido tibio se abastece al generador para absorber el NH_3 de la solución de $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$. El vapor luego es corregido, a fin de incrementar la acumulación de NH_3 , condensándose una parte del absorbente, en este caso H_2O que retorna al generador. El NH_3 se atempera en el condensador posteriormente se traslada al evaporador, donde se evapora nuevamente a baja presión, otorgando así el acondicionamiento que el espacio necesita. (Castro Sergio, 2014, pp. 58).

El vapor procedente del evaporador, entra al absolvedor el cual se desarrolla una reacción exotérmica al desarrollarse el ciclo de absorción con el H_2O que viene del generador. Esta solución abundante en NH_3 es dirigida al generador para ejecutarse de nuevo el proceso de desorción, destinando la solución pobre en NH_3 al absorbedor por lo tanto la solución rica al rectificador. Por lo tanto, la temperatura del absorbente tiene un superior dominio en la eficiencia del sistema que la temperatura de condensación. El modelamiento numérico del sistema de refrigeración solar por absorción necesita la modelación del sistema absorción, así como la del sistema de colectores por separado.

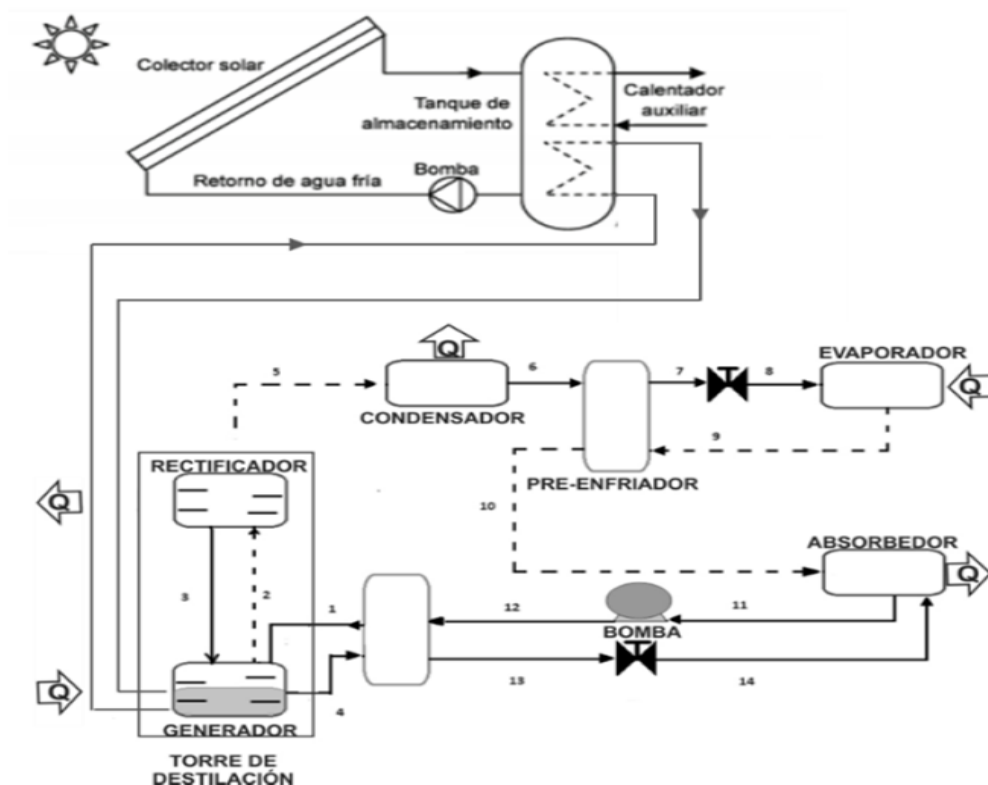


Figura 10. Refrigeración solar por absorción

Justificación de la mezcla seleccionada

En la Tabla 3 se simplifican las primordiales características necesarias para estimar un correcto fluido de funcionamiento para elementos de refrigeración por absorción. Tenemos que contemplar también lo siguiente: los fluidos deben ser física y químicamente similares, estar barato y estar vacante, no deben deteriorar el planeta ni a sus habitantes.

Tabla 3. Componentes de fluido de trabajo.

Refrigerante	Absorbente	Solución
Pulverización alta y combustión latente	Poca adherencia	Bajo calor específico y viscosidad
Baja viscosidad	Alta solubilidad con el refrigerante	Alta conductividad térmica

Fuente: Elaboración propia.

1.3.3 Simulación de Sistemas de absorción por energía solar intermitente.

“Se pudo representar y estudiar el ciclo de refrigeración por absorción solar irregular usando las características que resaltan más del COP”. Los efectos logrados se muestran enseguida”:

Las características que tenían superior dominio sobre el COP, son la temperatura y la presión de generación por lo tanto las de menor dominio la proporción de mezcla fuerte y la acumulación de amoníaco en la mezcla fuerte. El máximo COP fue de 1.0 y se alcanzó a 93°C y 1547 kPa. Aunque bajo circunstancias auténticas no es probable lograr este COP, a causa de que el mecanismo es movido solo con energía solar. (Zavala L, 2014, pp34).

Si se cuenta con una radiación de 5,0 a 5,5 kWh/m² utilizable en la región de Lambayeque se puede lograr presiones cercanas a 1448 kPa, es por ello necesario de trabajo de un sistema de refrigeración irregular bajo las limitaciones del tiempo (clima) de Lambayeque y las limitaciones de trabajo representadas fue 0,5 a 93° C y 1448 kPa. Se tiene que invocar que se deben usar elementos en el sistema que apoyen a explotar al límite la radiación solar y accedan a una extraordinaria aplicación de los fluidos en la tubería. Para si poder algún tipo de inconvenientes como fugas en el sistema que logren perjudicar su productividad.

La simulación fue aprobada mediante la confrontación del COP alcanzado bajo las limitaciones climáticas de la región de Lambayeque y el COP logrado mediante estudios semejantes. Los científicos El-Shaarawi y Ramadan fabricaron un aparato esporádico que uso como mezcla de ensayo amoníaco – agua y emplearon un rectificador. El limite COP hallado fue de 0,51. Los descubridores dijeron que el rectificador redujo el trabajo del sistema por accedió al paso de vapor de agua hacia la condensadora. Se determinó el rendimiento de un refrigerador por absorción esporádico accionado por un colector de placas planas y se usó la solución amoníaco – agua como elemento de operación. Experimentalmente se alcanzó un COP de 0,25. Se da a ver la proporción de error alcanzados al equiparar el COP de las últimas pruebas con los estudios mostrados anticipadamente. (Zavala L, 2014, pp.34).

“[...] Hay que predominar que en estas representaciones no se consideró el calor perdido, mediante el paso por la tubería en las horas de trabajo diurnas y nocturnas. Las disminuciones de calor originan un descenso en la presión de generación ocasionando un decrecimiento en el COP. Por tal razón el posterior paso de este estudio es la fabricación de un sistema de refrigeración irregular que labore con las clausulas expuestas posteriormente”.

1.3.4 Ciclo de Refrigeración por absorción

Este periodo conlleva a la impregnación de un elemento (Refrigerante), a través del traslado de ese mismo por un sistema complejo. El diseño que generalmente se usa más es que emplea dentro de sus elementos principales al amoniaco y al agua, donde el primero trabaja como refrigerante y el segundo como absorbedor. Existen más de estos sistemas cuyos elementos presentes encontramos al bromuro de litio y agua, refrigerante y absorbente respectivamente. Estos mencionados procesos trabajan en servicios de climatización de los ambientes en los que el calor más bajo está por encima del calor de enfriamiento del agua.

La Figura 10 nos da notar el sistema donde se emplea amoniaco y agua. Este sistema es parecido al sistema de refrigeración por compresión, a excepción que el compresor ha sido cambiado por un complejo sistema de absorción combinado por un absorbedor, una bomba, un generador, un regenerador, una válvula y un rectificador. Cuando la presión del refrigerante ha sido subida por los elementos de la caja (este es el verdadero proceder), se condensa en el condensador expulsando calor hacia sus entornos, se asfixia hasta la presión del evaporador y toma calor del espacio refrigerado cuando transita por el evaporador.

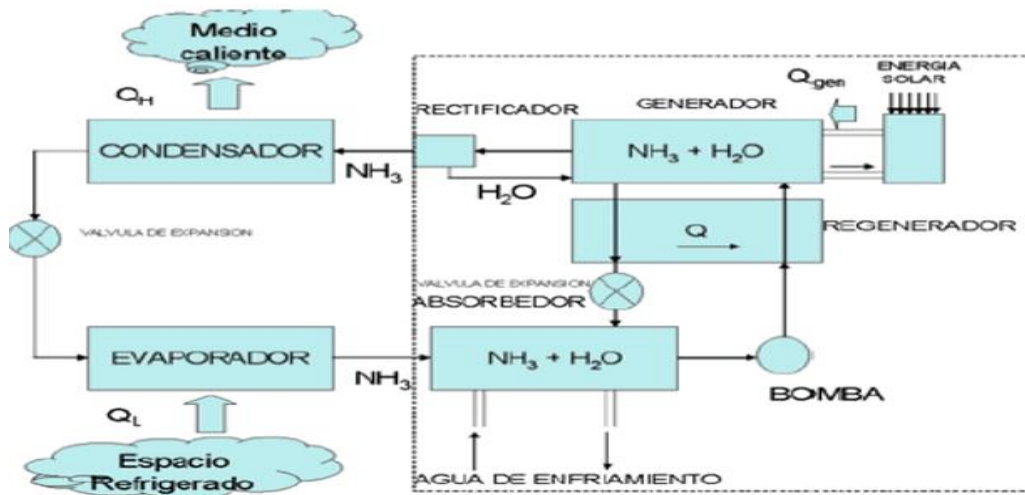


Figura 11. Ciclo de refrigeración por absorción.

En seguida se especifica el acontecimiento en la arqueta: la solución de amónico se retira del evaporador y entra al absolvedor, después se diluye y conlleva a una resistencia química con el agua para conformar el $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. A esto se le denomina resistencia exotérmica porque emana energía. La proporción de amoniaco que se diluye con agua es recíprocamente proporcional al calor. Por es muy obligatorio acondicionar el absolvedor así se conservará su calor. La infusión liquida se traslada al generador. Esta temperatura se combina con una masa de calor, con el fin de volatizar parte de la infusión, posteriormente el agua es separada y enviada al generador, esto sucede después que el amoniaco ha recorrido el rectificador y su vapor que cuenta con una gran presión prosigue el periodo de climatización. Posteriormente se traslada la mezcla de $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ restante en el regenerador, es allí que transmite un poco de energía a la mezcla caudalosa de amoniaco, luego es estrangulado para conllevarlo a la presión del absolvedor.

Periodo esporádico de refrigeración Solar por Absorción. (Castro Sergio, 2014, pp. 58).

Prosiguiendo se detallan el periodo esporádico de refrigeración solar por absorción el cual se utiliza en la maquina hibrida fabricada en la casa universitaria de Colima. Al aclarcer el día las llaves 1, 2, 3, 5, 6,7 (Figura 11), están cerradas y la llave 4 abierta. El periodo comienza cuando el sol está activo, saliendo del generador (a), allí esta acumulada la solución amoniaco-agua, esta al obtener energía transferida por el colector solar, se marchará del generador como un gas, este gas que se

marcha con la misma energía de generación, se traslada hasta el rectificador (b). El único propósito primordial del rectificador es dejar transitar a los vapores dentro del él, en mayor parte al vapor de amoníaco, se obtiene esto solidificando los gases de agua presentes en la solución de vapores, luego traslada el agua de nuevo hacia el generador, medio día después de haber empezado el periodo se accionan las siguientes llaves 1,2 y 7 abiertas y 3, 4,5 y 6 cerradas.

El fluido retenido en el generador (d), se traslada por desigualdad de presión hasta el evaporador (f), recorriendo por la llave de expansión (e), acá la presión del fluido recae y alcanza la presión de ebullición. Luego estando en el evaporador (f), habrá cambio de fase por el motivo que el fluido capta energía latente que se beneficia del compartimiento donde está el fluido a helar. Posteriormente el elemento de frío ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$), se traslada con apariencia de gas hasta el absolvedor (g); se debe aclarar que el absolvedor y el generador se tratan de mismo equipo, trabajando en horas distintas. (Castro Sergio, 2014, pp. 58).

Una vez evaporado el agua (H_2O) al refrigerante se genera un cambio químico que producirá altos índices de calor, posteriormente el producto cambiado será separado por termosifón (h), cuya función es adherir energía por localización en el interior del absorbedor, esto conlleva a tener dentro del absorbedor una temperatura ambiente mientras dure el trabajo de absorción del refrigerante. Se debe tener acondicionado el termosifón en el condensador llenado de agua, el cual está situado por encima del absorbedor, la energía ganada por absorción cae por gravedad del termosifón a la superficie. Para hacer funcionar el termosifón abrimos una llave, que accede el paso del amoníaco líquido adentro del tubo de traslado de calor. Impidiendo dicho traslado. Una vez culminado todo este proceso (absorción del refrigerante), se da paso a la iniciación de purga y drenaje. (Castro Sergio, 2014, pp. 58).

1.4 Formulación del Problema.

¿Es aceptable proyectar un sistema de Aire Acondicionado por absorción solar en la Ciudad de Chiclayo – Caso Edificio?

1.5 Justificación del Estudio.

1.5.1 Técnica.

La presente investigación es significativa porque se puede desarrollar en empleo de tecnología acondicionada a la realidad del territorio, además va a permitir la posibilidad de mejorar el confort de los edificios, sin presionar la oferta eléctrica de distribución de la zona, y sin generar más gases efecto invernadero.

1.5.2 Económica –Financiera.

Es significativo el desarrollo de esta investigación ya que permitirá que disminuyan los valores de trabajo y sostenimiento del sistema de aire acondicionado de los edificios de la ciudad de Chiclayo, además de poder desarrollar pequeñas industrias mejorando sus ingresos económicos.

1.5.3 Social – Comunal.

A través de esta investigación el impacto social es muy positivo ya que los habitantes del edificio podrán mejorar su calidad de vida al contar con el servicio de aire acondicionado, sin incurrir en costos de energía eléctrica, tanto de potencia garantizada fija y variable y energía eléctrica en hora punta y hora fuera de punta.

1.5.4 Ambiental.

La presente investigación tiene un impacto ambiental positivo, primero se evitará la generación de electricidad para accionar los equipos de aire acondicionado, o no genera contaminantes ni emanación de gases efecto invernadero por lo que no se afecta el planeta, por otra parte, permitirá la conservación de alimentos en refrigeradores por parte de los pobladores, con lo cual disminuirá los desperdicios producto de la descomposición de los alimentos beneficiando también al medio ambiente.

1.6 Hipótesis.

Si es viable diseñar un sistema de aire acondicionado por absorción, impulsada por energía solar, para un edificio de la ciudad de Chiclayo.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de aire acondicionado por absorción, accionado por energía térmica solar en un edificio de la ciudad de Chiclayo

1.7.2 Objetivos Específicos.

- ✓ Calcular la carga térmica del sistema de aire acondicionado del edificio de Chiclayo.
- ✓ Analizar el potencial solar térmico en zonas aledañas a la ciudad de Chiclayo.
- ✓ Diseñar los equipos eléctricos como mecánicos del sistema de aire acondicionado solar del edificio en Chiclayo.
- ✓ Calcular la estimación económica del sistema de aire acondicionado por absorción a través del TIR y VAN.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de Investigación.

No experimental

El siguiente proyecto es no experimental porque no ocurre una utilización intencional y experimental de la variable independiente, observando algún cambio en las demás variables, se basa en el seguimiento de la variable en un contexto natural para posteriormente ser estudiada, el experto no puede controlar la variable independiente porque los acontecimientos ya pasaron.

Descriptiva

Es Descriptiva, porque es el problema visualizado adecuadamente y detallado conforme se expone en la realidad, evitando la intervención o modificación por parte de los expertos.

Estudio	T1
N1	B1
N2	B2

El cual:

N1 - N2 son muestras

B1 - B2 son observaciones

2.2 Variables, Operacionalización.

2.2.1 Variable Independiente

Cargas térmicas del Edificio en la Chiclayo

2.2.2 Variable Dependiente.

Sistema de acondicionamiento del aire en un edificio de Chiclayo

2.3 Operacionalización de las Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Cargas Térmicas de edificio en la Ciudad de Chiclayo	Es un conjunto de cargas térmicas, relacionadas con el área y volumen de los ambientes de un edificio en la Ciudad de Chiclayo, con el número de habitantes, y tipo de labor física desarrollada, con las máquinas y aparatos existentes, con el área de ventanas, paredes y su orientación.	Este sistema se aplica para solucionar el acondicionamiento del aire en un edificio de la ciudad de Chiclayo.	Demanda de Frio Curvas de Funcionamiento	KWh KW
Variable dependiente: Sistema de acondicionamiento del aire en un edificio de Chiclayo	La calidad del confort de un edificio, se obtiene sin gastar electricidad y producir gases efecto invernadero.	Control de los parámetros en el suministro de confort térmico en un edificio de Chiclayo.	Curvas de Energía Voltaje Amperaje	KW/HR V A

Población y Muestra del Estudio.

2.3.1 Población.

Sistemas de acondicionamiento de aire en edificio de Chiclayo

2.3.2 Muestra.

Edificio en Particular.

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

MÉTODOS	USO	HERRAMIENTAS
Observación	Determinar las restricciones de la jornada y valores de trabajo del equipo.	Cédula de inspección de Elección
Inspección Documentaria	Indagación de instrumentos estándar, insumos y normal.	Cédula de inspección de documentos

2.5 Técnica de recolección de datos

A continuación, en el siguiente estudio, recolectaremos con los siguientes métodos:

Observación

Por medio de este método analizaremos la realidad de las jornadas laborables del equipo, como la dimensión de piedras que ingresan a la planta chancadora, luego se evalúa los diferentes parámetros de funcionamiento de la máquina chancadora y por supuesto la entrada y partida de la máquina, las fajas de traslado, circuito eléctrico de distribución y control, etc.

Revisión documentaria

Este método nos ayudara a encontrar los parámetros variables del sistema de aire acondicionado por absorción solar, así mismo encontrar las normas vigentes y saber escoger los instrumentos estándar y adecuados, etc.

Ficha de Registro de radiación.

Con esta herramienta podremos registrar los parámetros de medición de radiación solar en el edificio de Chiclayo, con el objetivo de poder calcular el potencial; esta herramienta posee la referencia de la posición georeferenciada del sitio de toma de datos, datos del hombre que ejecuta la nota de datos y la fecha. En la parte de abajo se escribe todas las notas (datos, fechas, horas), empleadas en las mediciones, y posteriormente también la firma de quien hizo todo este escrito.

Ficha de Registro de Consumo de Energía

Este instrumento permite desarrollar el registro del gasto energético actual en el edificio de Chiclayo, expresado como el consumo de velas, combustibles, pilas, baterías, etc. La ficha tiene tres partes, e la primera se detalla la ubicación del lugar donde se va a realizar el levantamiento del consumo energético, los datos generales del evaluador y en la parte final el detalle de los registros de consumos energéticos.

Ficha de Revisión Documentaria

Esta herramienta es muy adecuada y nos permite tener un orden en los escritos que utilizaremos como forma de guía para la ejecución del diseño de refrigeración por absorción solar, así como procedimientos de diseño, diversidad de procedimientos, normas técnicas, etc.

2.5.1 Validez.

El siguiente estudio pasará evaluación por expertos en el tema (profesionales de Ingeniería Mecánica Eléctrica), también está comprometido el encargado de la empresa donde se ejecutará dicho estudio, siendo realistas con la evaluación y aprobación de las herramientas utilizadas para recopilar datos metodológicos del presente estudio y así diagnosticar las variables de funcionamiento.

2.5.2 Confiabilidad.

Será evaluada por los expertos que aprobaran las herramientas, y si tendría que ocurrir algún cambio en los procedimientos de acuerdo al análisis que ellos hagan. Este estudio tendrá la aceptación total de acuerdo a resultados logrados.

2.5.3 Métodos de Análisis de Datos.

El tratado de datos con el cálculo descriptivo adecuado e insertado en las notas de análisis, adecuándose a nuevos datos y determinando factores comunes.

2.6 Aspectos Éticos.

Siendo el responsable tengo que considerar y honrar las ideas de otros autores, la veracidad de los procedimientos habilitados por la empresa y la claridad de las conclusiones del estudio que he realizado, es de gran utilidad para la humanidad y no presenta un problema de ninguna forma.

III. RESULTADOS.

3.1. Calcular la carga térmica del sistema de aire acondicionado del edificio de Chiclayo.

Carga Térmica (I) En el transcurso del año se presenta temporadas de frío y calor, se calcula siempre pensando en lo peor de las situaciones.

Métodos de Cálculo de la Carga Térmica.

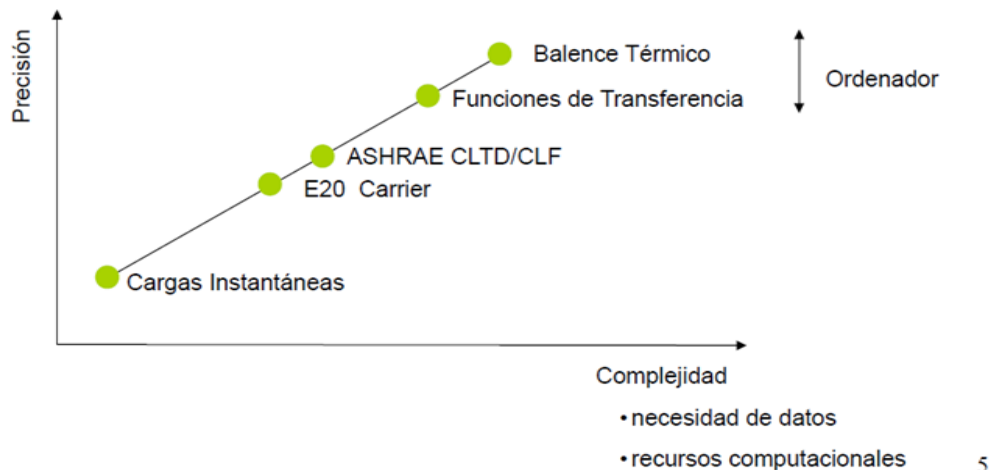


Figura 12. Carga térmica.

Contribuciones de calor:

Interior:

Se concedieran como contribuyentes de calor a las personas y equipos dentro del edificio, durante su estadía es esta.

Exterior:

Se considera contribuyente de calor al sol, pero no se considera en época de invierno.

Disminuyentes de calor:

En esta lista se considera los cerramientos, como paredes, techos y pisos.

Estación	T operativa (°C)	HR (%)	1,2 met	V aire (m/s)	T aire (°C)	HR (%)
Verano	23 - 25	45 - 60	0,5 clo	0,18 - 0,24	> 26	30 - 70
Invierno	21 - 23	40 - 50	1 clo	0,15 - 0,20	< 21	

La norma **UNE 1000.001** fija las **condiciones exteriores**

	Longitud Latitud Altitud	Invierno				Verano				
		NPE %	TS °C	GD/año K	Viento m/s	NPE %	TS °C	THc °C	TH °C	OMD °C
Sant.	3° 29' W 43° 28' N 64 m	99 97,5	+3 +3,8	985	5,2 W	1 2,5 5	25,3 24,1 23,1	20,2 19,7 18,8	21,2 20,4 19,9	5,9

Figura 13. Condiciones internas.

Severidad climática en invierno				
A	B	C	D	E
SCI < 0,3	0,3 < SCI < 0,6	0,6 < SCI < 0,95	0,95 < SCI < 1,3	1,3 < SCI

Severidad climática en verano			
1	2	3	4
SCV < 0,6	0,6 < SCV < 0,9	0,9 < SCV < 1,25	1,25 < SCV

Zonas climáticas				
A4	B4	C4		E1
A3	B3	C3	D3	
		C2	D2	
		C1	D1	

Figura 14. Índices de severidad.

Componentes de la Carga Térmica (VII)

Austeridad del ambiente: acopla grados día (GD) y la radiación solar (Rad)

✓ SCI	A	B	C	D	E	F
	$-8,35 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$-8,62 \cdot 10^{-6}$	$4,88 \cdot 10^{-5}$	$7,15 \cdot 10^{-7}$	$-6,81 \cdot 10^{-2}$
	A	B	C	D	E	
	$2,395 \cdot 10^{-3}$	-1,111	$1,885 \cdot 10^{-6}$	$7,026 \cdot 10^{-1}$	$5,709 \cdot 10^{-2}$	

✓ SCV	A	B	C	D	E	F
	$3,724 \cdot 10^{-3}$	$1,409 \cdot 10^{-2}$	$-1,869 \cdot 10^{-5}$	$-2,053 \cdot 10^{-6}$	$-1,389 \cdot 10^{-5}$	$-5,34 \cdot 10^{-1}$
	A	B	C	D	E	
	$1,090 \cdot 10^{-2}$	1,023	$-1,638 \cdot 10^{-5}$	$-5,977 \cdot 10^{-1}$	$-3,370 \cdot 10^{-1}$	

Elementos de la Capacidad Térmica - Carga por personas

$$Q_p = q_p N_p t_l \{kW\}$$

Factor simultaneidad en la ocupación	Oficinas	Hoteles	Comercio	Industria
	0,75 - 0,9	0,4 - 0,6	0,8 - 0,9	0,85 - 0,95

Potencia Sensible (W/m²)	Oficinas	Docencia	Sanitaria	Restauración	Hotel	Comercio	Residencial
	15	10	13	8,5	5	10	5

Ocupación	Q sensible W	Q latente W	Metabolismo (x 50 kCal/hm²)
Descansar	50	25	0,76
Sentado, sin trabajar	65	35	1
De pie, relajado	75	55	1,3

Las capacidades se engloban las expresiones no valorados en el coeficiente de protección. (10% la adición de cargas).

Elementos de la Carga Térmica.

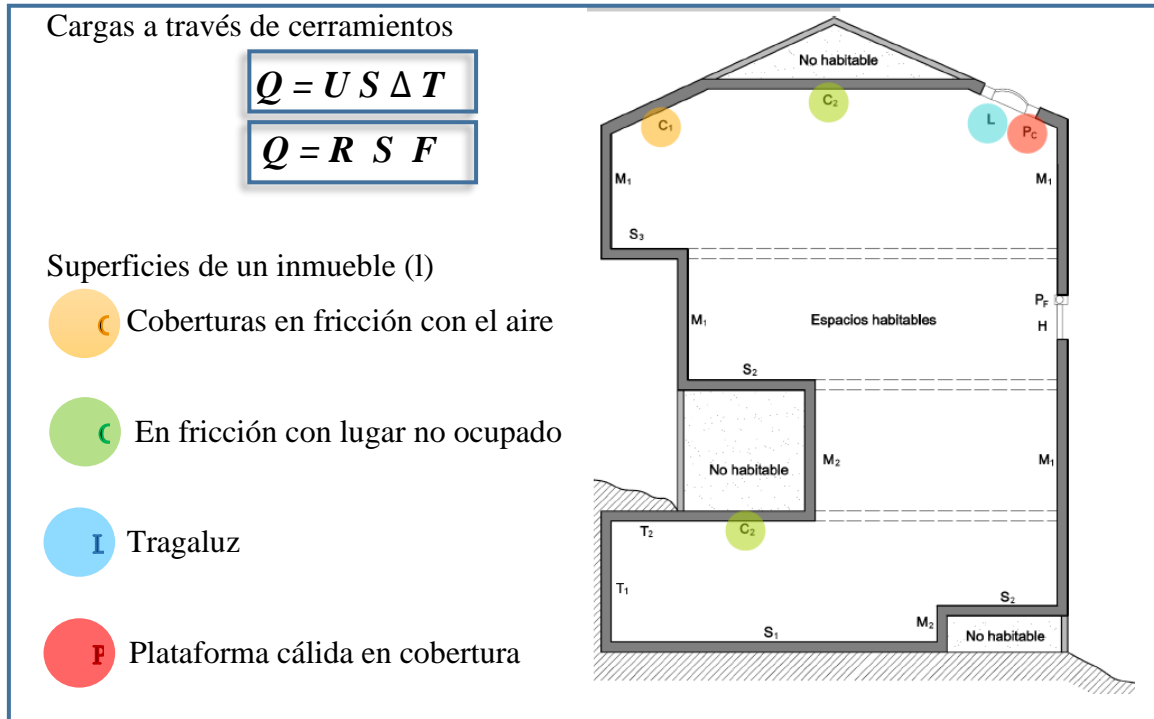


Figura 15. Cargas térmicas.

Para el Caso del Edificio Yony Bello Fernández Vásquez, poseedora de los siguientes valores:

Calle: Próceres N° 228

Urb : San Carlos

Área del Terreno: 96.24 mt²

Área Techada Primer Nivel: 96.24 M²

Área Techada Segundo Nivel: 69.05 M²

Área Techada Tercer Nivel: 69.05 M²

Área Techada Cuarto Nivel: 69.05 M²

Área Techada Quinto Nivel: 69.05 M².

Azotea: 10.07 M²

Área Techada Total: 382.51 M²

Área Libre: 27.19 M²

Área Terreno: 96.24 M²

CARGA TÉRMICA POR TRASMISIÓN DE CALOR DEL EXTERIOR:

Se cuenta con un terreno de 382.51 Mt², las temperaturas afuera del edificio están contempladas entre los 18 °C – 35°C. el coeficiente de transferencia es de 0.156 W/m²*K°, así obtenemos el siguiente cuadro de cargas térmicas:

TABLA DE VALORES DE CARGA TÉRMICA POR PAREDES DE EDIFICIO DÍA			
Nº	TEMP INTERIOR ° C	TEMP EXTERIOR ° C	CARGA TÉRMICA - KCAL
1	18	35	4.361,21
2	19	35	4.104,66
3	20	35	3.848,12
4	21	35	3.591,58
5	22	35	3.335,04
6	23	35	3.078,50
7	24	35	2.821,96
8	25	35	2.565,42
9	26	35	2.308,87
10	27	35	2.052,33
11	28	35	1.795,79
12	29	35	1.539,25

Figura 16. Cargas por transferencia a través de paredes.

CARGA TÉRMICA POR ENFRIAMIENTO DEL AIRE INTERIOR

$h = 3.25$ mts (se considera por piso)

$T_i = 18^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$

Presión = 1 Atm

$C_e = 0.241$ calorías /g°C (calor específico)

Densidad = 1,225 Kg/mt³

Nota: el aire acondicionado se renueva cada hora entonces deducimos que la carga térmica por enfriamiento del aire interior está entre los: 0 – 6,606.16 Kcal/Hr así obtenemos el cuadro siguiente:

TABLA DE VALORES DE CARGA TÉRMICA POR RENOVACIÓN DE AIRE			
Nº	TEMP INTERIOR ° C	TEMP EXTERIOR ° C	CARGA TÉRMICA - KCAL
1	18	35	6.239,15
2	19	35	5.872,14
3	20	35	5.505,13
4	21	35	5.138,13
5	22	35	4.771,12
6	23	35	4.404,11
7	24	35	4.037,10
8	25	35	3.670,09
9	26	35	3.303,08
10	27	35	2.936,07
11	28	35	2.569,06
12	29	35	2.202,05

Figura 17. Cargas por renovación del aire.

CARGA TÉRMICA SEGÚN LOS HABITANTES DEL EDIFICIO, SEGÚN LAS LABORES REALIZADAS DENTRO DEL EDIFICIO

Con una Capacidad que varía entre 30 – 150 personas, efectuando algún tipo de trabajo por el lapso de una hora, determinamos lo siguiente:

0.25 Kw/hr: Habitante en trabajo duro.

0.075 Kw/hr: Habitante en reposo.

La carga comprende entre 6,453 Kcal – 32,266 Kcal, así obtenemos el cuadro siguiente:

TABLA DE VALORES DE CARGA TÉRMICA POR PRESENCIA DE PERSONAS			
Nº	Nº PERSONAS	CARGA TÉRMICA QUIETO	CARGA TÉRMICA - MOVIMIENTO
1	30	1.935,95	6.453,17
2	45	2.903,93	9.679,75
3	60	3.871,90	12.906,33
4	75	4.839,88	16.132,92
5	90	5.807,85	19.359,50
6	105	6.775,83	22.586,09
7	120	7.743,80	25.812,67
8	135	8.711,78	29.039,25
9	150	9.679,75	32.265,84
10	165	10.647,73	35.492,42
11	180	11.615,70	38.719,00
12	195	12.583,68	41.945,59

Figura 18. Cargas por personas.

CARGAS TÉRMICAS CONSIDERANDO MÁQUINAS, MOTORES DENTRO DEL EDIFICIO.

Analizando los diversos consumos por estos elementos se llegan a obtener los siguientes valores:

Lámparas = 1 W / Mt²

Dos Computadoras = 500 W (por piso)

Máquinas y motores = 1,885 Kcal y 3,770 Kcal

Entonces elaboramos el cuadro siguiente:

TABLA DE VALORES DE CARGA TÉRMICA POR PRESENCIA DE MÁQUINAS			
Nº	Nº CARGAS	CARGA TÉRMICA MENOR	CARGA TÉRMICA MAYOR
1	1	8,60	86,04
2	2	17,21	172,08
3	3	25,81	258,13
4	4	34,42	344,17
5	5	43,02	430,21
6	6	51,63	516,25
7	7	60,23	602,30
8	8	68,83	688,34
9	9	77,44	774,38
10	10	86,04	860,42
11	11	94,65	946,46
12	12	103,25	1.302,51

Figura 19. Carga por máquinas.

Entonces considerando todos estos cuadros con las cargas calculadas, podemos elaborar el cuadro siguiente:

Cargas por renovación de aire

Cargas por habitantes

Cargas por uso de máquinas

Cargas por transferencia de calor del exterior hacia el interior

La suma de todas estas cargas nos da como resultado en cuadro siguiente:

TABLA DE VALORES DE CARGA TÉRMICA TOTAL			
Nº	TEMP INTERIOR ° C	TEMP EXTERIOR ° C	CARGA TÉRMICA - KCAL
1	18	35	17.139,57
2	19	35	19.828,64
3	20	35	22.517,72
4	21	35	25.206,79
5	22	35	27.895,87
6	23	35	30.584,94
7	24	35	33.274,02
8	25	35	35.963,10
9	26	35	38.652,17
10	27	35	41.341,25
11	28	35	44.030,32
12	29	35	46.719,40

Figura 20. Cargas totales sobre el edificio.

3.2 Analizar el potencial solar térmico en zonas aledañas a la ciudad de Chiclayo.

La irradiación solar en la localidad de Chiclayo, se tomará como referencia del atlas solar del Perú, y también usaremos el software Solarius Plus:

Atlas De Energía Solar Del Perú, del cual podemos obtener la radiación solar máxima y mínima, para el departamento de Lambayeque

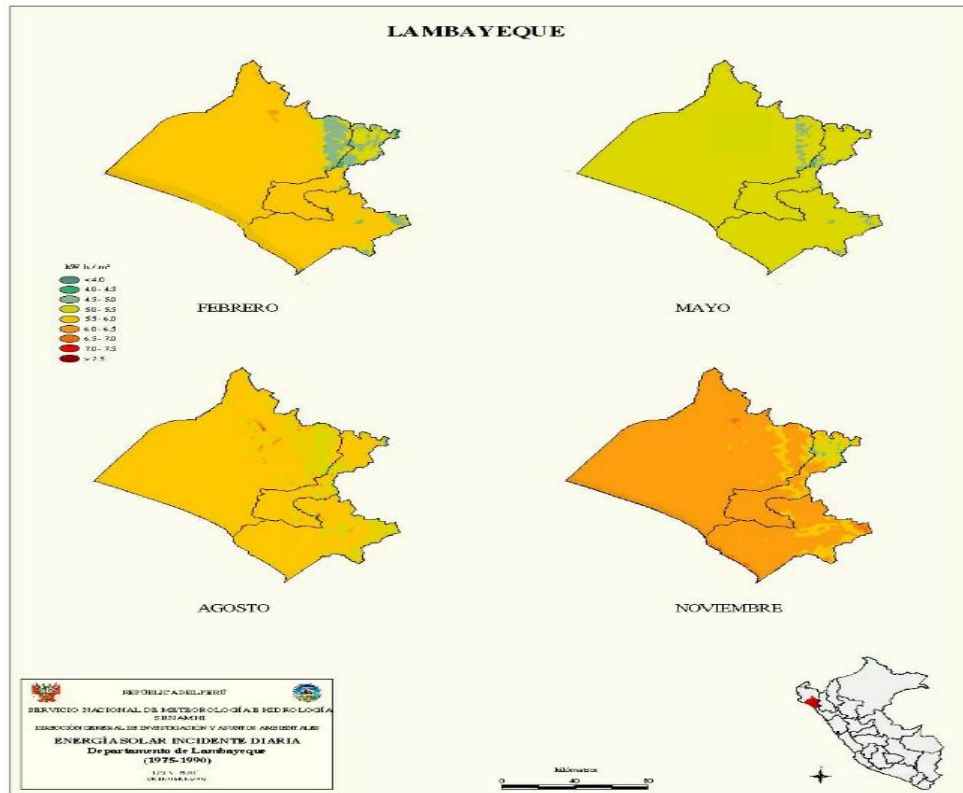


Figura 21. Radiación solar en Lambayeque.

Observamos que la radiación solar más desfavorable cambia entre 4,5 $\text{kWh/m}^2/\text{día}$ y 5,0 $\text{kWh/m}^2/\text{día}$ se tendrá que estimar valor promedio de 4,75 $\text{kWh/m}^2/\text{día}$.

SOFTWARE SOLARIUS PLUS

Tabla N° 13: Radiación solar en el departamento de Lambayeque con el software Solarius Plus.

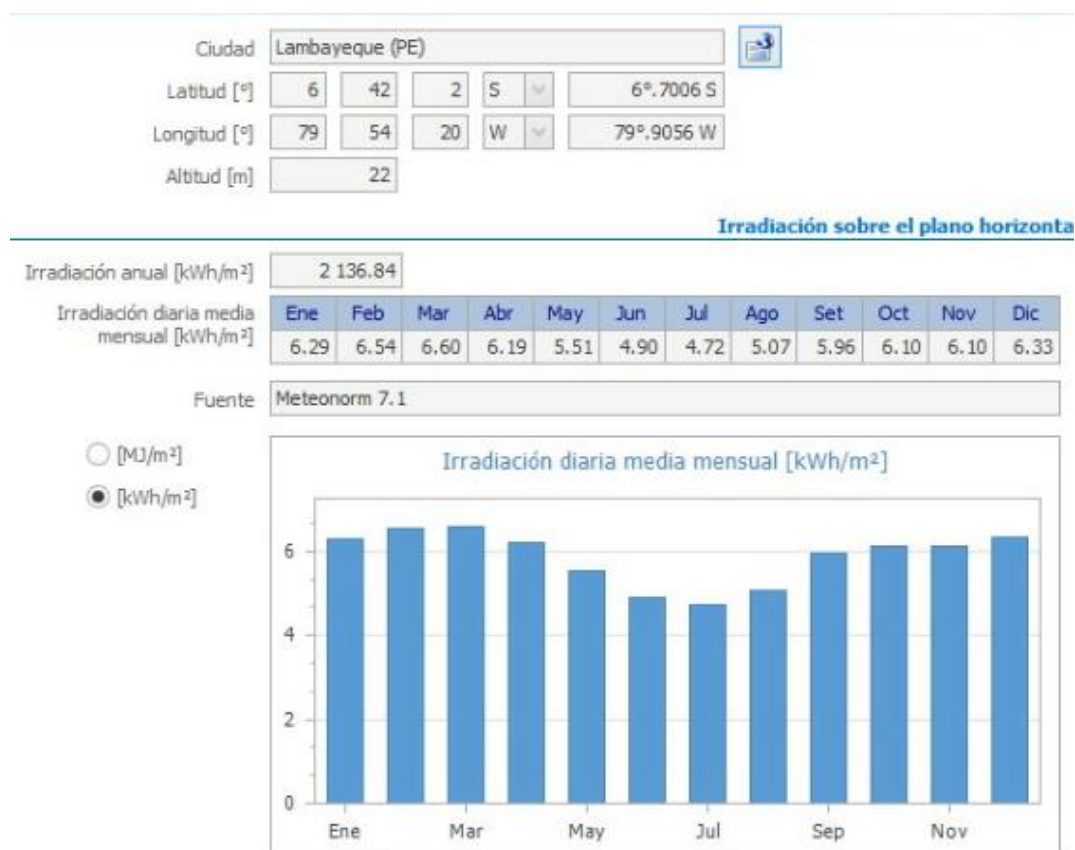


Figura 22. Radiación solar en Lambayeque.

De la Tabla N° 13 se puede observar que la radiación solar menos alta es de 4,72 kW.h/m²/día, en Julio.

SOFTWARE METEONORM

Haciendo uso del software Meteonorm en la Tabla N° 14 se visualizan las conclusiones. Es por eso que se considera los valores de radiación solar menos altas y este valor es de 4,55 kW.h/m²/día.







 Radiación	 Temperatura	 Precipitación	 Duración de la insolación				
★ Radiación global diaria		 Temperatura diaria	 Tabla de datos				
	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Enero	197	78	170	24.3	18.8	5.1	
Febrero	187	72	160	25.7	19.7	4.4	
Marzo	205	74	184	25.7	19.8	4.3	
Abril	187	65	177	23.7	18.1	4.9	
Mayo	170	66	158	21.3	16.3	5.4	
Junio	146	62	133	19.9	15.6	4.9	
Julio	141	66	117	19.6	15.4	4.7	
Agosto	155	83	105	19.3	15.1	4.9	
Setiembre	174	71	142	19.2	14.7	5.5	
Octubre	187	80	152	19.6	14.8	5.6	
Noviembre	182	76	153	20.6	15.6	5.5	
Diciembre	194	80	162	22.4	17.2	5.4	
Año	2129	873	1813	21.8	16.8	5.1	

Figura 23. Radiación solar mensual en caserío Chochor.

Mes	Gh(kW.h/m ²)	días del mes	Gh(kW.h/m ² /día)
Enero	197	31	6,35
Febrero	187	28	6,68
Marzo	205	31	6,61
Abril	187	30	6,23
Mayo	170	31	5,48
Junio	146	30	4,87
Julio	141	31	4,55
Agosto	155	31	5,00
Septiembre	174	30	5,80
Octubre	187	31	6,03
Noviembre	182	30	6,07
Diciembre	194	31	6,26

Figura 24. Radiación solar promedio diaria en Chiclayo.

3.3 Diseñar los equipos eléctricos y mecánicos del sistema de aire acondicionado solar del edificio en Chiclayo.

A continuación, presentamos el diagrama del sistema:

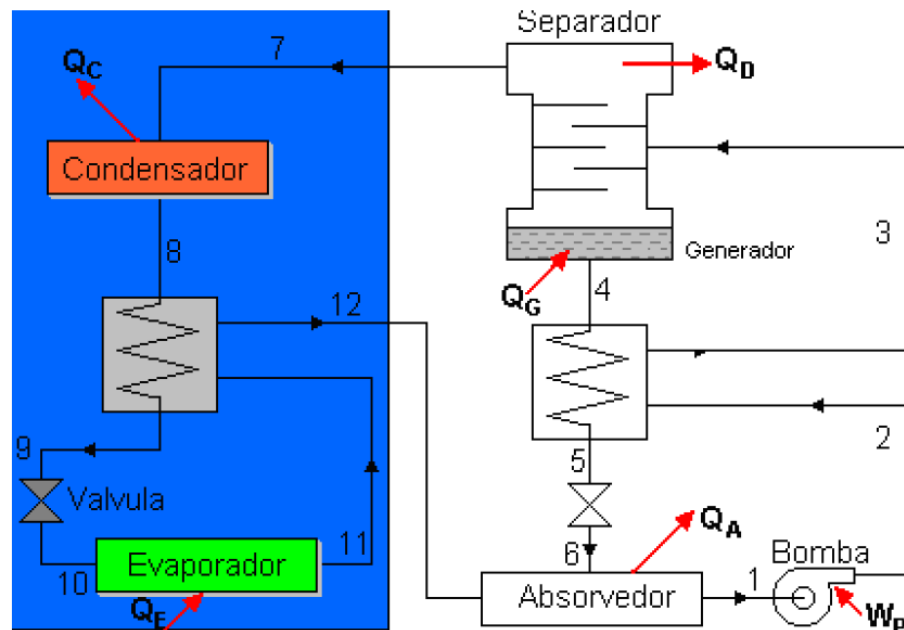


Figura 25. Esquema de refrigeración por absorción.

Impuesto a los siguientes Valores Térmicos:

Tabla 4. Valores térmicos.

Componentes	Ecuaciones
Absorbedor	$Q_A = m_6 h_6 + m_{12} h_{12} - m_1 h_1$
Bomba	$W_A = m_1 (h_2 - h_1)$
Generador	$Q_G = m_4 (h_7 - h_4)$
Condensador	$Q_D = m_7 (h_7 - h_8)$
Evaporador	$Q_C = m_{10} (h_{11} - h_{10})$

Fuente: Elaboración propia.

De dónde:

Considerando trabajar con el amoniaco tenemos en cuenta los siguientes valores:

Carga Térmica de la máquina de aire acondicionado = 46,719.49 Kcal.

T11= 7.78 °C

H11= 640 Btu/Lbm

$T_{10} = -16.67^{\circ}\text{C}$

$h_{10} = 137 \text{ Btu/Lbm}$

Reemplazando obtenemos el flujo:

Carga térmica = 46,719.49 Kcal. + 179,169.71 Btu

Flujo = 356,20 lbm

Para calcular el Absolvedor se considera lo siguiente:

$M_{10} = M_{12} = 356, 20 \text{ lbm}$ / $M_6 = M_1 = 178, 10 \text{ lbm}$

$h_6 = 640 \text{ Btu/Lbm}$

$h_2 = 652 \text{ Btu/Lbm}$

$h_1 = -24 \text{ Btu/Lbm}$

El resultado del calor del absolvedor es = 236,873 Btu = 59,816 Kcal.

Obtenidos estos valores podemos calcular el calentador solar, teniendo en cuenta la superficie de los calentadores solares, determinamos lo siguiente:

Calor requerido del sol por medio de un absorbedor, que cumpla estas propiedades físicas:

Radiación Solar intermedia: 5,00 Kwhr /m² –Día

Carga Térmica del Absorbedor: 59,816 Kcal/Hr = 69.58 kW

Eficiencia Térmica total de colector Solar: 0.3

Área Neta del Colector Solar: 46.39 mt²

La imagen que presentamos a continuación nos detalla el esquema de trabajo:

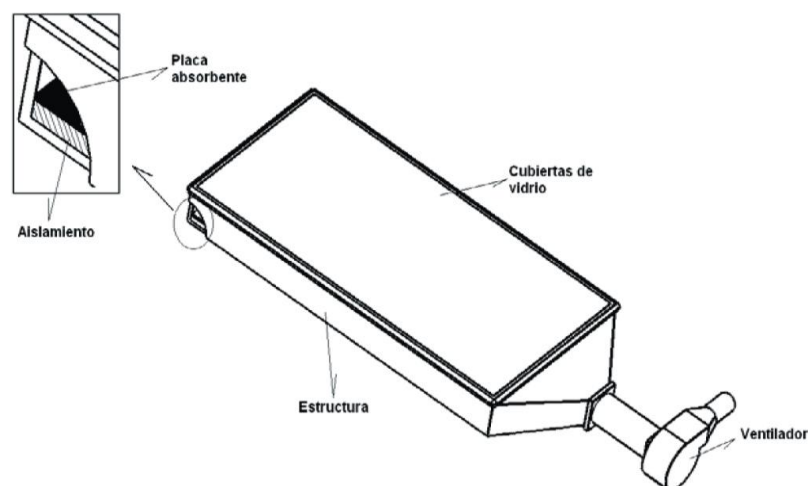


Figura 26. Esquema de colector solar.

Mediante expresiones y representaciones remotas se llega a calcular la eficacia del colector, dando a conocer dichos estos a continuación:

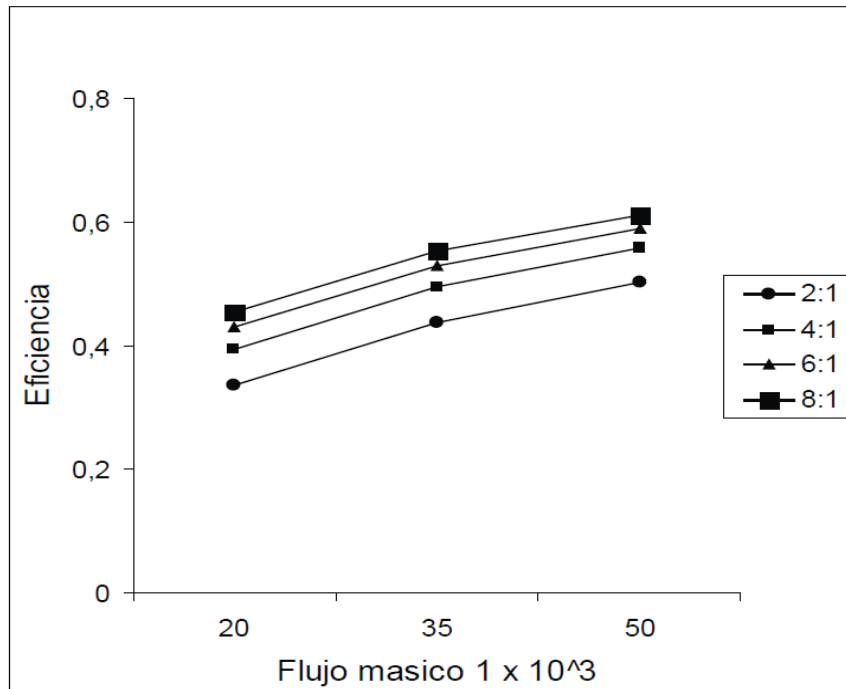


Figura 27. Eficiencia del colector.

Primero se tiene que organizar una serie de pruebas para analizar la productividad el captador solar, comprometidas con el control de la radiación solar, temperatura y demás parámetros.

Las conclusiones de estas pruebas se analizan de acuerdo al funcionamiento del captador solar, el funcionamiento calcula la energía útil y la obtenida en el captador, tratando de hallar un índice de su funcionalidad. La fórmula para este cálculo es el siguiente:

$$\eta = \frac{\text{Energía captada}}{\text{Energía recibida}} = \frac{Q}{S_C \cdot I_T}$$

Reemplazando la fórmula el valor Q que incorpora el valor de eficiencia (Fr).

$$Fr = \frac{S_C \cdot [I_T \cdot (\tau \cdot \alpha)_n - U_L \cdot (T_m - T_\alpha)]}{S_C \cdot [I_T \cdot (\tau \cdot \alpha)_n - U_L \cdot (T_e - T_\alpha)]}$$

$$= \frac{Q}{S_C \cdot I_T}$$

$$\eta = \frac{S_C \cdot [Fr \cdot (\tau \cdot \alpha)_n \cdot I_T - Fr \cdot U_L (T_e - T_\alpha)]}{S_C \cdot I_T}$$

Por ende:

Q: calor eficaz (W) → Captador

Fr: principio de una línea no dimensional

Sc: área de atracción (m²)

Fr: UL → expresión que distingue una pendiente de un vector (W/m².K)

IT: calor acumulado en el captador en unanimidad el área (W/m²)

Tm: calor intermedio en la lámina absorbente

Te: Calor del líquido en el inicio del captador

Ta: calor del aire

La bomba de la solución, trabajara con las particularidades que se da a continuación:

- Caudal: 700 lbm /Seg de Mezcla agua y Amoniaco: 0.3167 mt³/Seg.
- Caída de Presión: 3 Psi : 2,111.1 kgf/mt²
- Rango de Potencia: 669.22 kgf*mt /Seg , para eficiencias entre 0.80 y 0.90
- Rango de Potencia: 7.04 – 7.92 HP

3.4 Calcular la evaluación económica del sistema de aire acondicionado por absorción a través del TIR y VAN.

La evaluación económica – financiera se realizará previa elaboración de los flujos de caja proyectados a cinco años, igual a la vida útil económica de las máquinas y equipos, con un valor de recupero o residual de 0 (Debido al alto contenido de componentes electrónicos).

Se considerarán como ingresos los ahorros en energía eléctrica por la no utilización de equipos como los compresores accionados por electricidad, en su lugar se utilizará la energía solar y como egresos el costo de los equipos de refrigeración por adsorción solar y sus respectivos costos de mantenimiento y operación).

Así mismo, debemos de considerar los flujos como determinísticos, con varianza igual a cero.

Hay métodos para analizar los balances económicos y financieros proforma, entonces se aplicará el análisis VANE (Valor actual neto a precios económicos) y el procedimiento TIRE (Tasa interna de retorno económico).

Si tenemos en cuenta que el ahorro de Energía Eléctrica, es de 150 Kwhr por día, lo cual origina un consumo anual de 54,000 Kwhr, equivalente en tarifa BT5, a 21,600 Soles, se podrán realizar análisis más detallados con cambio de tarifa, incluso con cambio de proveedor eléctrico, no se consideran las ganancias sociales por menor emisión de gases efecto invernadero.

Con todo esto efectuaremos un gasto para comenzar siendo consistentes en la adquisición de los equipos de refrigeración por absorción y su respectiva instalación, y esta detallado en el siguiente la siguiente valorización de levantamiento e instalación:

Tabla 5. Presupuesto de equipos de refrigeración por absorción.

PRESUPUESTO DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTD	P. UNI	P.PAR	TOTAL
01	Suministro de Equipos de Aire Acondicionado por Absorción	1	32,000.00	32,000.00	32,000.00
02	Instalación y ensamblaje de Equipos de Aire Acondicionado por Absorción	1	13,000.00	13,000.00	13,000.00
		COSTO DIRECTO			45,000.00
		COSTO DE SUPERVISION			2,000.00
		G.G + UTILIDAD			9,000.00
		COSTO SIN IGV			54,000.00
		IGV			9,720.00
		COSTO TOTAL			63,720.00

Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar se considerarán los siguientes procedimientos:

Valor económico del equipo: Teniendo en cuenta la carencia de tecnología de los instrumentos electrónicos a distancia, el valor está considerado en un lapso de tiempo de cinco años.

Tasa de Descuento: El préstamo será en su totalidad un crédito habilitado por un banco, respetando los acuerdos hechos previa evaluación del mismo, y analizando el mercado (curvas IS – LM), sometiéndose a los riesgos de negocio y cliente, este riesgo se considerará un valor del 10% anual, y costos de mantenimiento en un 5% al año del valor del activo.

Existe un valor residual pero no lo tomaremos en cuenta, durante su correcto funcionamiento de los equipos, no se realizará un estudio de sensibilidad, así que obtendremos el siguiente flujo de caja:

Considerado el monto de caja por 5 años, los gastos serán asumidos del capital, que rodea un 10% el monto residual de compensación, no se tiene en cuenta el estudio de sensibilidad:

Tabla 6. Ingresos y egresos.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		21.600,00	21.600,00	21.600,00	21.600,00	21.600,00
EGRESOS	63.720,00	3.186,00	3.186,00	3.186,00	3.186,00	3.186,00
NETO	-63.720,00	18.414,00	18.414,00	18.414,00	18.414,00	18.414,00

Fuente: Elaboración Propia

Este análisis nos da los siguientes resultados, analizando los indicadores financieros, así analizaremos si es viable en el aspecto económico y financiero de la modificación que se realice en el equipo.

Tabla 7. El VAN y TIR.

VAN	18.160,99	TASA	0,1
TIR	13,67%		

Fuente: elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

Se determinaron los elementos primordiales que constituyen el sistema de refrigeración por absorción y se examinaron las formas de valorización para determinar el equipo. Se dispuso un método de análisis para la especificación de los parámetros del proceso de refrigeración con apoyo del gráfico de equilibrio amoníaco-agua y mediante balances de volumen y calor, definimos la proporción de calor, que tiene que poseer el refrigerante como también el agua para un trabajo correcto, como también se estudia los niveles de radiación solar en el área del dominio del proyecto.

Los elementos del sistema de refrigeración por absorción, son iguales a la de un sistema compresión de vapor, la única diferencia es el empleo de un compresor, ya que para el sistema de absorción se emplea un generador, este generador es el que percibe el calor mediante un componente llamado colector de calor, el cual intercambia energía con el fluido de trabajo, es decir la mezcla agua – amoníaco.

Este sistema no origina costos complementarios de combustible, el único costo se trataría por mano de obra para la instalación y mantenimiento, en resumen podríamos asegurar que este sistema de refrigeración por absorción no solo contribuye con la reducción de los costos por operación sino que también contribuye por su disminución de emisiones de gases por combustión, todo lo contrario a un sistema de refrigeración por compresión que trabaja con mayor cantidad de combustible y por consecuencia genera mayor dióxido de carbono hacia el medio ambiente.

Para el diseño de la chancadora de piedra se siguió los mismos conceptos de la investigación de Román Gamonal de la Torre donde especifica que El beneficio final del agregado para construcción, está compuesto por una serie de tratamientos o procesos a los que se somete la materia prima, en este caso la roca, el triturado es uno de los primeros procedimientos y uno de los más críticos, pues se demanda mucha potencia para lograr el objetivo del chancado criterio determinante para establecer los principales tamaños de la piedra chancada que distribuirá la empresa.

V. CONCLUSIONES

- Los sistemas de refrigeración por absorción son viables en las ciudades cálidas de la costa Norte del País en General y de la Ciudad de Chiclayo en Particular.
- Un Sistema de refrigeración por absorción, es posible para abastecer con clima acondicionado, para un edificio de un área total de 382.51 Mt², con renovación de aire, presencia de máquinas y motores, radiación solar por las ventanas, con un ΔT de (35°C – 18 °C) y con un área de colector solar de 46.39 mt².
- Si consideramos que el ahorro de Energía Eléctrica, es de 150 Kwhr por día, lo cual origina un consumo anual de 54,000 Kwhr, equivalente en tarifa BT5, a 21,600 Soles, se podrán realizar análisis más detallados con cambio de tarifa, incluso con cambio de proveedor eléctrico, no se consideran las ganancias sociales por menor emisión de gases efecto invernadero.
- Se procedió a evaluar en calentador, teniendo en cuenta la superficie del calentador, y su evaluación se define en el siguiente procedimiento:

Energía (calor) requerido de captación por el absorbedor (se beneficia únicamente de la radiación que genera el sol por medio del absorbedor) y con las propiedades físicas dadas a continuación:

Radiación Solar Promedio: 5,00 Kwhr /m² –Día

Carga Térmica del Absorbedor: 59,816 Kcal/Hr = 69.58 kW

Eficacia Térmica total de colector Solar: 0.3

Área Neta del Colector Solar: 46.39 mt².

VI. RECOMENDACIONES

- Se utilizará como absorbente a Amoniac (NH₃), diluido con agua y sus propiedades termodinámicas serán extraídas de tablas
- El ahorro energético anual es de 54,000 Kwh/Año, que es equivalente a un ahorro de emisión de gases de efecto invernadero, del orden de los 18,659 Kgs al año
- Trabajar con materiales con muy buena conductividad térmica para así poder aprovechar mejor el calor captado en el colector.

REFERENCIAS

AMENERO W. 2012, Análisis de los sistemas de refrigeración solar por absorción, México 2012.

ARROYO J. 2011, refrigeración por absorción, Colombia 2011.

GARIBAY, J. 2010, Modelo Híbrido de refrigeración solar por absorción, Cuba, 2010.

GONZALES S. 2012, Propuesta de un sistema de refrigeración por absorción para la climatización del edificio administrativo de la termoeléctrica de Felton, Cuba 2012

ISAZA C. 2010, Análisis Termodinámico de un sistema de refrigeración solar por absorción usando soluciones de mono etilamina – agua para la conservación de alimentos, Colombia 2010.

MIRELESS D. 2007, Simulación y Comparación Energética de un Sistema de Enfriamiento por Ciclo de Absorción, México 2007.

RAMÍREZ D. 2015, Simulación y análisis de un sistema de refrigeración por absorción solar intermitente, 2015 Colombia.

VALLE J. 20017, Análisis energético de un sistema de refrigeración solar por absorción, Bolivia 2007.

ANEXOS

ANEXO 01

[illegible]

ANEXO 02

[illegible]

ANEXO 03

		FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA	
Tipo de Fuente	Libro <input type="checkbox"/>	Revista <input checked="" type="checkbox"/>	Manual <input type="checkbox"/> Norma <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
Nombre de la Fuente	Caloryfrio		
Nombre del Documento	Aire Acondicionado		
Título / Asunto	Sistema de Refrigeración por Absorción		
Volumen			
Tomo / Legajo			
Folio / Página	Pag: 01		
Lugar y Fecha del Doc	Madrid, Miércoles, 22 de octubre 2008		
Autor	Idoia Arnabat Corti		
Ubicación de la Fuente	www.caloryfrio.com		
CONTENIDO			
<p>Los Sistemas de Refrigeración se encargan en la extracción de calor, provocando que en la ausencia de calor se produzca frío. Un sistema de refrigeración debe lograr trasladar el calor de un lugar a otro, de manera que, el lugar que tenía calor, al sustraerle el clima se enfría.</p>			